

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

Programa de doctorado:

**DOCTORADO EN INGENIERÍA AGRARIA, ALIMENTARIA,  
FORESTAL Y DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE**

Título de la tesis:

**PREDICCIÓN DE CALIDAD DE CARNE BOVINA CON VARIABLES  
*ANTE MORTEM***

**BOVINE MEAT CUALITY PREDICTION WITH VARIABLES *ANTE  
MORTEM***

Director/Directores: **EMILIANO DE PEDRO SANZ**

Autor de la tesis: **JORGE CAMPOS PARRA**

Fecha depósito de la tesis en el Idep: abril 23 del 2021

TITULO: *PREDICCIÓN DE CALIDAD DE CARNE BOVINA CON VARIABLES ANTE MORTEM*

AUTOR: *Jorge Arturo Campos Parra*

---

© Edita: UCOPress. 2021  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/>  
[ucopress@uco.es](mailto:ucopress@uco.es)

---



**TÍTULO DE LA TESIS:** Predicción de calidad de carne bovina con variables *ante mortem*

**DOCTORANDO/A:** Jorge Arturo Campos Parra

### **INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

La presente tesis doctoral titulada “Predicción de calidad de carne bovina con variables *ante mortem*”, realizada por el doctorando D. Jorge Arturo Campos Parra, bajo mi dirección ha acometido predecir la calidad de la carne bovina a través de la construcción y validación de modelos matemáticos basados en rasgos de conformación muscular y grasa, medidos *in vivo* con el fin de formular y validar modelos que permitan estimar el rendimiento al despiece in vivo en bovinos seleccionados para producir carnes *premium*, a través de ultrasonografía.

Con el desarrollo de estos trabajos se proporciona a los centros de faenado de canales de vacuno un sistema **objetivo** de valoración de las **calidades** de los animales previamente al **faenado** y adaptarse a las demandas del mercado.

Fruto de este trabajo ha sido la publicación del artículo “Estimación del Área del Ojo del Lomo *in vivo* y Rendimiento al Desposte de Bovinos Destinados a un Mercado Exigente”, en la revista: *REVISTA CIENTIFICA FCV-LUZ*, XXVI, en 2016.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 20 de octubre de 2020

Firma del director

Firmado digitalmente  
por DE PEDRO SANZ

EMILIANO JESUS -

01374633S

Fecha: 2020.10.20

Fdo.: Emiliano Jesús De Pedro Sanz

## ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO GENERAL .....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
2.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA .....	12
2.1.- LA GANADERIA BOVINA EN CHILE .....	12
2.1.1 SITUACIÓN .....	21
2.1.1.1.- SECTOR CONSUMIDOR .....	23
2.1.1.2 SECTOR PRODUCTOR .....	25
2.1.1.3 SECTOR INDUSTRIAL. ....	29
2.1.2.- PROBLEMÁTICA.....	33
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1.- ETAPA I: “Predicción del índice de calidad en canales bovinas para mercado chileno de elite mediante modelación matemática” .....	39
3.2.- ETAPA II: “Modelos predictivos de niveles de Marmorización en novillos mestizos Wagyu generados por ultrasonografía y tratamiento de imágenes”	41
3.3.- ETAPA III: “Estimación del área del ojo del lomo total in vivo y rendimiento al desposte de bovinos destinados a un mercado exigente” .....	45
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	50
4.1.- ETAPA I: “Predicción del índice de calidad en canales bovinas para mercado chileno de elite mediante modelación matemática” .....	50
4.2 ETAPA II “Modelos predictivos de niveles de marmorización en novillos mestizos Wagyu generados por ultrasonografía y tratamiento de imágenes”	67
4.3.- ETAPA III “Estimación del área del ojo del lomo total in vivo y rendimiento al desposte de bovinos destinados a un mercado exigente” .....	72
5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	77
6.- BIBLIOGRAFIA .....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 4.1.1:</b> PROMEDIO DEL PESO VIVO, DE LA CANAL CALIENTE Y DEL RENDIMIENTO CENTESIMAL DE NOVILLOS Y VAQUILLAS .....	50
<b>CUADRO 4.1.2:</b> PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE DE LOS DIFERENTES FENOTIPOS, SEPARADOS POR CLASE. ....	51
<b>CUADRO 4.1.3:</b> PESO DE LA CANAL CALIENTE DE LOS DIFERENTES FENOTIPOS, SEPARADOS POR TIPIFICACIÓN .....	53
<b>CUADRO 4.1.4:</b> PESO CANAL CALIENTE SEGÚN CONFORMACIÓN, SEPARADOS POR CLASE .....	54
<b>CUADRO 4.1.5:</b> PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN ÁREA DEL OJO DEL LOMO, SEPARADOS POR CLASE .....	55
<b>CUADRO 4.1.6:</b> PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN MARMOLEO, SEPARADOS POR CLASE .....	56
<b>CUADRO 4.1.7:</b> PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN ÍNDICE DE CALIDAD DE LA CARNE PAMPAVERDE®, SEPARADOS POR CLASE.....	58
<b>CUADRO 4.1.8:</b> INFLUENCIA DEL FENOTIPO SOBRE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE LA CARNE PAMPAVERDE® .....	59
<b>CUADRO 4.1.9:</b> DISTRIBUCIÓN DEL PESO DE CANAL CALIENTE PARA NOVILLOS, AGRUPADOS POR ESPESOR DE GRASA DORSAL Y FENOTIPO .....	60
<b>CUADRO 4.1.10:</b> DISTRIBUCIÓN DEL PESO DE CANAL CALIENTE PARA VAQUILLAS, AGRUPADOS POR ESPESOR DE GRASA DORSAL Y FENOTIPO .....	61
<b>CUADRO 4.1.11:</b> MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES: TIPIFICACIÓN (TIP), CONFORMACIÓN (CONF), MARMOREO (MAR), ESPESOR DE GRASA DORSAL (EGD) Y PUNTAJE DE PLANTA (IC) .....	63
<b>CUADRO 4.1.12:</b> MODELOS PARA PREDECIR EL ÍNDICE DE CALIDAD GENERADOS POR EL TOTAL DE ANIMALES, CLASE Y FENOTIPO .....	64
<b>CUADRO 4.2.1:</b> PORCENTAJE DE ANIMALES DENTRO DE LAS CATEGORIAS DE MARMOLEO BMS EVALUADAS EN FRIGORÍFICO O HIGGINS S.A. (FRIOS A) (N=80) .....	68

<b>CUADRO 4.2.2:</b> MODELOS DE REGRESIÓN PARA PREDECIR EL GRADO DE MARMOLEO BMS EN BOVINOS MESTIZOS (bovinos F1 Wagyu x Hereford y Wagyu x Angus) .....	69
<b>CUADRO 4.2.3:</b> COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DEL GRADO DE MARMOLEO BMS IN VIVO DEL MODELO CINCO Y EL GRADO DE MARMOLEO BMS (JMGA, 1988) DETERMINADO POR LOS CERTIFICADORES EN LAS CANALES .....	71
<b>CUADRO 4.3.1:</b> MEDIDAS DE RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES DEL ESTUDIO. MEDIAS, DESVIACIONES ESTÁNDAR (DE), VALORES MÍNIMOS (MIN), MÁXIMOS (MAX) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV%) .....	73
<b>CUADRO 4.3.2:</b> COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PARA ESTIMAR EL AOLT (cm <sup>2</sup> ) POR CANAL DERECHA E IZQUIERDA Y EL MEDIDO POR LA PLANTA FAENADORA DE ACUERDO AL MÉTODO PROPUESTO POR PORTE (PORTE, 1994b) .....	74
<b>CUADRO 4.3.3:</b> ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE Y ESTADÍSTICOS DE PRUEBA PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO AL DESPOSTE DE LOS CORTES; LOMO LISO, LOMO VETADO, POSTA NEGRA, FILETE Y POSTA ROSADA .....	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 3.2.1:</b> IMÁGENES CAPTURADAS CON ECÓGRAFO A TRAVÉS DE SOFTWARE IDRISI .....	43
<b>GRÁFICO 4.1.1:-</b> COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD GENERADOS POR LOS MODELOS DEL CUADRO-4.1.12 .....	65
<b>GRÁFICO 4.1.2:-</b> COMPARACIÓN DEL PROMEDIO Y DESVIACIONES ESTÁNDAR MENSUALES DEL PUNTAJE DE PLANTA GENERADO POR LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN VERSUS EL PUNTAJE REAL OBTENIDO DE LAS PLANILLAS DE REGISTRO DEL AÑO 2002.....	66
<b>GRÁFICO 4.2.1:</b> COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DEL GRADO DE MARMOLEO BMS IN VIVO DEL MODELO CINCO Y EL GRADO DE MARMOLEO BMS DETERMINADO POR LOS CERTIFICADORES EN LAS CANALES .....	70
<b>GRÁFICO 4.3.1:</b> COMPARACIÓN DEL AOLT (cm <sup>2</sup> ) PREDICHO POR EL MODELO Y LA MEDICIÓN DE LA PLANTA FAENADORA Y ENTRE PESOS (kg) REALES POR CORTES Y PREDICHOS POR LOS MODELOS. .	77

## ÍNDICES DE FIGURAS

<b>FIGURA 3.2.1:</b> CAPTURA DE IMÁGENES ECOGRÁFICAS .....	42
<b>FIGURA 3.2.2:</b> EVALUACIÓN DEL MARMOLEADO .....	44
<b>FIGURA 3.3.1:</b> ESTIMACIÓN DE: “a” (LONGITUD DEL SEMIEJE MAYOR O ANCHO) Y “b” (LONGITUD DEL SEMIEJE MENOR O PROFUNDIDAD) Y PROFUNDIDAD EN CENTÍMETROS DEL MÚSCULO LONGISSIMUS THORACIS Y SPINALIS THORACIS (OLT). .....	46

## **1 INTRODUCCIÓN**

En Chile la masa ganadera bovina, según el último censo agropecuario y forestal, es de 3.719.507 cabezas (INE 2007) pero según una encuesta, realizada por la misma institución, el año 2017 el número de cabezas bovinas es de 2.890.840, con una variación de -15,2 %, de las cuales el 75 % se encuentra en las regiones de Bío Bío, Araucanía, Los Ríos y los Lagos. De este total se estima que un 70 % corresponde a razas de carne o doble propósito (INE, 2017). Sólo en los últimos años, se está intentando abrir los mercados internacionales para este producto, como una forma de repotenciar su alicaída situación. La suscripción de tratados comerciales con diversos países y bloques comerciales ha abierto una ventana interesante y promisoría para el desarrollo del sector, además Chile presenta una condición sanitaria óptima, ya que tiene ausencia de todas las enfermedades contempladas en la lista A de la oficina internacional de Epizootias (OIE). Es así que diversas empresas del rubro han abordado diferentes mercados externos y nuestros productos cárnicos están comenzando a ser consumidos por diferentes habitantes del planeta.

Se ha puesto en evidencia, en los últimos años, a escala mundial, importantes cambios en el mercado de la carne. El volumen de consumo creció de forma relevante debido, entre otros, al aumento del ingreso per-cápita, a una mayor población urbana y a fuertes cambios en los costos relativos a la producción. Las mejoras productivas han significado un aumento de los intercambios comerciales a nivel mundial, debido a las políticas internas de cada país, al desarrollo del comercio mundial a través de las bajas progresivas de las barreras al comercio, a los precios del transporte cada vez menores, al desarrollo de nuevos productos y a las mejores condiciones de empaque.

Es importante poner en relieve la mayor o menor influencia de algunos países del sector exportador, el aumento de las exportaciones de Estados Unidos, la disminución de las Europeas, así como los fuertes cambios de hábitos alimentarios en los países asiáticos (Japón, China) y México, con cada vez mayor demanda de carnes rojas. Estos antecedentes pueden ayudar a la potencial apertura de nuevos mercados para los productores.

El hombre, desde siempre ha utilizado a los animales como una fuente de alimento. La carne de vacuno se produce por medio del crecimiento de los tejidos corporales del

ganado vacuno. Una comprensión del proceso de crecimiento del ganado puede llevarnos a encontrar métodos para manipular el proceso en dirección a una mejora en la eficiencia o a alcanzar un producto más deseable. La carne de vacuno es deseada por los consumidores no porque sean conscientes de su contenido proteico, sino por sus especiales cualidades comestibles (BERG y BUTTERFIEL, 1979).

Actualmente existe un amplio rango de tipos de canales, siendo cada una de ellas contemplada como óptimo en distintas partes del mundo. El tipo de carne de vacuno que buscan los consumidores está determinado por las tradiciones culturales. La cantidad y distribución de grasa influyen en cuan apetecible es la carne de vacuno, pero este varía en los diferentes países y culturas. En las partes donde se desea cierta cantidad de grasa se habla de un nivel óptimo, y una mayor cantidad que la determinada hace al producto menos aceptable.

Durante el sacrificio, todo ganado vacuno produce algún tipo de carne independientemente de su clasificación, ya sean animales lecheros, productores de carne o de tiro e independiente de su edad, sexo o grado de grasa que posean. Por lo tanto, la carne de vacuno que se produce es un producto altamente variable, dependiendo de cómo esos factores afecten al proceso de crecimiento de la musculatura, la grasa y los huesos, que son los tres tejidos más importantes y de cómo estos factores afecten las características de los tejidos comestibles, el músculo y la grasa. BERG y BUTTERFIEL (1979) plantearon en su libro: *“Nuevos Conceptos Sobre Desarrollo de Ganado de Vacuno”*, que: “Es totalmente posible que la gran demanda de carne de vacuno está en parte relacionada, por un lado, con la variabilidad del producto, al estar influenciado por la edad, el sexo y la cantidad de grasa que posea; y por otro, con la variedad existente al preparar productos distintos a partir de diferentes partes de la canal”.

Actualmente, existen una serie de sistemas de producción que deberían traer como consecuencia un aumento en la producción y una mejora en la eficiencia económica con la que la carne de vacuno es producida. Se está tratando principalmente de usar ganado vacuno que aumente de peso, en menor tiempo y con mayor tamaño de adulto. El peso de sacrificio, el sexo, la forma, la nutrición y la raza pueden afectar la composición de la canal y son los factores más importantes de los que dispone el productor de carne de vacuno en

su intento de alterar la composición de la canal (BERG y BUTTERFIEL, 1979). Sin embargo, no se debe olvidar que cualquier manejo post mortem no adecuado afecta la calidad de la carne, afectando negativamente, todo esfuerzo realizado por los productores, por lo que es un aspecto que no se debe descuidar.

Si se puede obtener la composición de la canal deseada para un determinado mercado por medio del uso de procesos funcionales eficientes, los costos de producción serán mínimos. Cualquier desviación de este principio dará como resultado una producción de carne de vacuno a un costo mayor.

Chile es un país que basa su estrategia de desarrollo en un creciente aumento de su comercio internacional, en el que las exportaciones de sus productos son fundamentales para permitir el sostenimiento de diversas actividades productivas.

Los sistemas de producción de carne, pretenden estructurar armónicamente los diferentes factores que influyen en el proceso productivo, con el objeto de buscar alternativas de producción, de acuerdo a las diferentes condiciones agroclimáticas, que hagan que el producto sea competitivo con otras áreas agroecológicas y se adapte a diferentes situaciones socioeconómicas de los productores. Además pretenden lograr un producto con precios competitivos y con márgenes de utilidad atractivos para el productor.

En las últimas décadas, el desarrollo de los sistemas de producción de carne en los países templados se ha traducido en una reducción de la edad de sacrificio asociada a un desplazamiento del acabado en pastoreo por acabados en patios de alimentación con un mayor uso del grano, como en Estados Unidos, o con el desarrollo de sistemas de producción intensiva de toros jóvenes, como en Bélgica, Francia, Alemania, Italia y el Este de Europa. Sin embargo, la producción extensiva de ganado de carne basada en el pastoreo puede tomar un papel más relevante en la producción de carne en los países templados, tanto en la producción de animales jóvenes como en la de aquellos de mayor edad.

Estos sistemas de producción fuertemente ligados al pastoreo se realizan en explotaciones tradicionales situadas en zonas de producción cárnica. Presentan una gran variación en función del clima, condiciones económicas, tipo de ganado y superficies forrajeras, desde los muy extensivos sistemas que se realizan tanto en América del Norte como del Sur a la utilización muy intensiva del pastoreo que se realiza en Europa y Nueva

Zelanda. En todos ellos, la pradera juega un papel importante en la alimentación del ganado, tanto durante la estación de pastoreo o como fuente de forrajes invernales (VARELA, 2002). Estos recursos deben estar bien manejados, ya que el ganado necesita un suministro de forraje de buena calidad, una presión de pastoreo adaptada a los recursos y una vigilancia de la carga parasitaria. Los progresos técnicos realizados durante los últimos años en materia de manejo han permitido disminuir progresivamente los obstáculos que presenta la producción de carne de calidad en base a sistemas de pastoreo.

En estos sistemas de larga duración y manejo extensivo los animales muestran períodos de crecimiento muy variables, casi nulos durante los períodos invernales, realizando la totalidad de la ganancia de peso durante la primavera gracias a un importante crecimiento compensatorio. En cualquier caso, lo que se pretende no es que el animal alcance su potencial máximo de crecimiento, sino aprovechar las diferencias en la curva de crecimiento de los animales para sacar el mayor rendimiento posible a los recursos forrajeros mediante la utilización de alimentos poco costosos (forraje conservado) obteniendo canales con mejor peso, a la vez que se evita una acumulación de grasa en animales precoces.

La producción de carne bovina se caracteriza por una edad de sacrificio comprendida entre los trece y veinticuatro meses de edad, las edades más elevadas corresponden a las condiciones extensivas (pastoreo) con razas de doble propósito e híbridos, mientras que los animales que se sacrifican más jóvenes corresponden a razas de carne, finalizando la engorda, en corrales. Existe la posibilidad de terminar animales a edades intermedias utilizando combinaciones de ambos sistemas de producción (engorda a corral y a pastoreo).

Dentro de los sistemas de producción de carne, podemos distinguir a nivel nacional, cinco áreas geográficas bien demarcadas: la zona central, la zona centro-sur, la zona de transición, la zona sur y la zona austral.

Las variaciones debidas al sexo, a la raza, edad y potencial de crecimiento de los animales son importantes, ya que influyen en el resultado final. Se pueden obtener canales ligeras de menos de 300 kg con novillos de razas precoces o canales más pesadas procedentes de bueyes de mayor edad, igualmente se puede adaptar el manejo de los

animales para obtener el peso de la canal y el estado de grasa de infiltración al sacrificio deseados (ROJAS, 2004). De esta forma, la producción de carne se ajusta a las diversas exigencias de la cadena de producción y a los requerimientos de los distintos mercados.

Una de las tendencias actuales, usada como herramienta en los sistemas de comercialización del ganado bovino, se enfoca al estudio de la composición y calidad carnicera de éstos, primando con ello un menor desperdicio al despiece y a su vez la adquisición de animales que estén dentro de las especificaciones de mercados más exigentes (GONZÁLEZ, 2006).

Los factores de calidad están asociados al aumento del peso vivo, velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión del alimento a un mínimo costo y en el menor tiempo posible hasta obtener un animal que sea el más aceptable para el mercado de destino. El aumento del peso vivo y tamaño, con cambios significativos en las dimensiones y formas de las distintas regiones del animal, son reflejo de lo que sucede como consecuencia de la formación de tejidos y órganos (PORTE y GODOY, 1994).

El consumidor de carne bovina en Chile, como en el resto del mundo, ha ido evolucionando en su preferencia, prefiriendo cortes magros, sin hueso y valorando características como ternera, sabor y jugosidad. (MAGOFKE, 1992). Entre los componentes de la canal, la grasa es la que presenta mayor variabilidad, en cuanto a su cantidad, como en su distribución; y se encuentra en relación directa con el grado de engorda de los animales (GALLO, 1988; PORTE y GODOY, 1994; CHOAT y col., 2006). La grasa subcutánea (grasa de cobertura) es la que incide en la apariencia de las canales, debido a un efecto envolvente y protector, y la grasa intramuscular (grasa infiltrada o marmoleado) la que proporciona sabor y jugosidad a la carne (BERG y BUTTERFIEL, 1979). Cuando aumenta el porcentaje de grasa, disminuye tanto el porcentaje de músculo como el de hueso. Estas variaciones de composición, afectan el valor comercial de la canal, influyendo además en el tamaño de los cortes (FORREST y col., 1979) y por ende, su homogeneidad.

Debido a la apertura económica de Chile al mercado internacional de carnes, se precisa una mayor integración en la producción y comercialización de la carne bovina, para así aumentar la competitividad nacional e incrementar su participación en éste (SARAVIA, 1996). Entre los años 1999 al 2003, la planta faenadora de animales Carnes Ñuble S.A.

implementó con el apoyo de fondos gubernamentales (CORFO), un programa de desarrollo de proveedores (PDP), a través del cual, logró introducir al mercado nacional una marca propia, conocida como “Pampaverde®” que generó productos homogéneos y con la calidad esperada, permitiendo agregar valor y diferenciación a sus productos frente a la competencia (ÁVILA, 2002; CAMPOS y col, 2008 y 2010).

La noción de análisis de datos hace referencia a procedimientos elaborados con el propósito de seleccionar, manipular y analizar información cuantitativa proveniente de encuestas o experimentos (VIVANCO, 1999). La información normalmente presenta variaciones aleatorias como consecuencia de múltiples efectos de difícil control. Sólo en el ámbito de diseños experimentales las perturbaciones aleatorias pueden reducirse y, eventualmente, anularse (STEEL y TORRIE, 1995). Sin embargo, la utilización de diseños experimentales se restringe a situaciones muy particulares.

El análisis de datos permite controlar la incertidumbre inherente a las investigaciones empíricas que generan resultados aleatorios. En particular explicar la variación de una variable que mide cierta característica. Para esto es básica la noción de varianza que dice relación con las fuentes de variación de las variables en estudio (VIVANCO, 1999).

El número de variables sometidas a análisis condiciona el procedimiento a utilizar. Se distingue entre análisis univariable, bivariable y multivariable. El análisis multivariable es una extensión de los procedimientos univariados y bivariados. La ejecución de procedimientos univariados y bivariados pueden ser complementarios al tratamiento simultáneo de múltiples variables (VIVANCO, 1999).

El análisis univariable se asocia, principalmente con estudios descriptivos que tienen como propósito evidenciar las propiedades más relevantes de un aspecto de la realidad. El análisis bivariable se vincula, en general, con estudios de carácter relacional que indagan respecto al sentido e intensidad de las relaciones entre las variables. El análisis multivariable facilita la realización de estudios explicativos orientados a estudiar el por qué sucede un evento.

El análisis de la realidad puede analizarse utilizando simultáneamente las perspectivas descriptiva, relacional y explicativa. Del mismo modo la información puede

someterse a análisis univariable, bivariable y multivariable; generándose de esta forma un efecto sinérgico que permite una comprensión más amplia del objeto de estudio.

Dentro del sistema global de producción y comercialización de carnes, el consumidor es el principal actor (SCHNETTLER y col., 2004). A pesar que las necesidades, preferencias y hasta la información que disponen los consumidores de carne bovina, son sumamente variables, tales características podrían ser agrupadas según: apariencia visual (color de carne y grasa subcutánea, marmoleado y cantidad de grasa de cobertura) y calidad comestible (jugosidad, terneza, aroma y sabor). La mayoría de estos factores están relacionados directa o indirectamente con las características intrínsecas de los animales y procedimientos industriales de elaboración y comercialización (SCHNETTLER y col., 2004 y 2008; TEIRA y col., 2006), encontrándose involucrados todos los sectores que componen la cadena productiva: crianza, engorda y procesamiento (VARGAS y col., 2004).

En general, la evaluación de canales tiene dos propósitos: llegar al consumidor con carne tierna, blanda y jugosa; y lograr una buena productividad de la ganadería, de manera que el productor obtenga los precios adecuados, de acuerdo a la calidad del ganado que vende; esto permite mejorar la comercialización de sus productos (PORTE, 1994b y LUENGO y CONCHA, 1995). La mayor parte de las evaluaciones realizadas consisten en la estimación subjetiva de las características en las canales (LÓPEZ y RUBIO, 1998; PERKINS y col., 1992).

En la evaluación comercial de los animales destinados a suministro de carne, tiene una influencia determinante el concepto de rendimiento (PORTE 1994b y 1994c). Interesa que la canal del animal contenga una proporción importante de carne comercializable, la que cuantitativamente ocupe una mayor proporción, en relación al tejido adiposo y óseo, pues ello dará el valor comercial máximo. Este valor comercial debe estar dado primordialmente por el peso de la canal, la composición de sus tejidos y su distribución (TEIRA y col., 2006).

El ganado bovino, al ir aumentando su masa corporal, tiende a formar músculo y grasa en proporciones variables, por ello el peso corporal no constituye una medida precisa del crecimiento tisular, puesto que un animal puede estar aumentando su peso, debido a la

acumulación de tejido adiposo (PORTE, 1994a). El aumento en el peso vivo y tamaño del animal sucede como consecuencia de la formación de tejidos y órganos. Los tejidos se desarrollan siguiendo un orden preestablecido: nervioso, óseo, muscular y graso (PORTE, 1994c). El crecimiento del animal ocurre en forma diferenciada; éste comienza por la cabeza, continúa en la región lumbar (crecimiento a lo largo del animal), fluyendo luego hacia la región distal de las extremidades (crecimiento en alto del animal), terminando finalmente en la región ventral del tronco, específicamente en el músculo *Longissimus thoracis*. Cuando termina de desarrollarse este músculo, se considera un animal en su punto óptimo de madurez fisiológica (RAMÍREZ, 1994). CROUSE y col. (1976), señalaron que el área del ojo del lomo (AOL), es el mejor índice predictivo del rendimiento al despiece, mientras que ATENCIO-VALLADARES (2008), planteó que el AOL tiene una asociación moderada y significativa con el porcentaje de cortes de valor, por lo cual implementar una metodología para medir el tamaño del músculo *Longissimus thoracis*, en animales vivos, podría optimizar la terminación de los animales a fin de evitar su sobre engrasamiento (GUITOU y col., 2007; TORRES, 2002; SAÑUDO, 2008; SCHNETTLER y col., 2004; AASS y col., 2006 y YOKOO y col., 2008).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ha establecido estándares o grados de calidad de los animales para sacrificio y de la canal. Uno de ellos, es la madurez fisiológica, un estimador de la edad del animal al momento de la faena, otro es el nivel de grasa infiltrada en el músculo (marmoleado). El grado de marmoleado ayuda a proporcionar a la carne los principales rasgos de calidad que el consumidor demanda: terneza, sabor y jugosidad (palatabilidad) (BLUMER, 1963); aunque la relación entre marmoleado y palatabilidad no está claramente definida, el nivel de marmoleado es una característica importante en los mercados de comercialización, como el japonés y el coreano. La grasa intramuscular impacta también en la jugosidad y sabor, pues estimula la salivación dando la percepción de aumento de jugosidad (THOMPSON, 2004). Dentro de cada grupo de madurez, este marmoleado se mide en la canal observando su cantidad y distribución en el lomo (músculo *longissimus thoracis*) a nivel de la 12ª costilla (TATUM, 2007). A diferencia de muchos rasgos de importancia económica del ganado de carne, la medición del puntaje de marmoleado o porcentaje de grasa infiltrada no puede ser evaluado organolépticamente en el ganado vivo.

La técnica más utilizada para la determinación del marmoleado en bovinos (*Bos taurus*) es la evaluación visual de las canales refrigeradas. Esta técnica se basa en la comparación que realizan los evaluadores entre los estándares de marmoleado esperado por raza y mercado de destino (BRACKEBUSCH y col., 1991; VIESELMAYER y col., 1996), teniendo implícita la variabilidad por evaluador. Para superar esta principal dificultad de la evaluación visual del marmoleado en las canales, la técnica ha sido complementada con la captura digital de imágenes de las secciones transversales del músculo *longissimus*, para su posterior análisis computacional, a través del cual, por concentración de píxeles se determina con mayor precisión las áreas de marmoleado, el número de vetas de marmoleado entre otros rasgos de calidad (NAKAHASHI y col., 2008).

La determinación del contenido de grasa a través de análisis químicos de la carne, como indicador indirecto del marmoleado, ha sido complementado con la captura de imágenes digitales desde imágenes de video a color de la canal bovina, permitiendo así medir los flecos o vetas de marmoleado, el área que ocupan y otras características (ALBRECHT y col., 2006; MOODY y col., 1968). Esta técnica ha avanzado hasta el desarrollo de métodos de evaluación y calibración del proceso de análisis computacional de imágenes para entregar mayor precisión (MOORE y col., 2010). Una variante de esta técnica, es el análisis computacional de imágenes tomadas por cámara digital desde muestras de músculo del lomo a nivel de la 12ª costilla, fijadas con formaldehído. Esta variante de la técnica realiza un análisis del grado de color observado en píxeles, determinando así el número de vetas de marmoleado, su área y longitud (YANG y col., 2006).

Se han desarrollado algunas técnicas predictivas *in vivo* del marmoleado, como el análisis del efecto de la alimentación (HOQUE y OIKAWA, 2004; SUGIMOTO y col., 2004), estos modelos predictivos incluyen variables *post mortem* como peso de canal caliente (SCHINDLER y col., 2004), o la interpretación de imágenes (CARLEOS y col., 2007; WILSON y col., 1998) y el procesamiento computacional de imágenes obtenidas por medio de ultrasonografía (HASSEN y col., 1999; TOSHIHIRO y col., 2014).

Diversos estudios han demostrado que la determinación *in vivo* del rendimiento carnicero permite relacionar los datos *ante mortem* con el tamaño y calidad carnicera de los

cortes de alto valor (TOSHIHIRO y col., 2014). Por ello contar con una herramienta que visualiza estructuras internas en el animal vivo permite realizar una evaluación de forma objetiva, documentada y reproducible en el tiempo (CARLEOS y col., 2007).

En este ámbito, la ecografía o ultrasonografía es una herramienta de evaluación de la composición carnicera de los animales vivos (POLÁK y col., 2007). Las ondas ultrasónicas emitidas por el ecógrafo son producidas por cristales semiconductores los cuales producen el efecto piezoeléctrico (GIRALDO, 2003). Estas ondas acústicas se propagan a diferentes velocidades a través de los tejidos biológicos dependiendo de sus densidades, reflejando una imagen en escala de grises, la cual es procesada por un sistema computacional integrado en el ecógrafo (LÓPEZ y RUBIO, 1998). Sin embargo, estas evaluaciones pueden estar condicionadas a algún nivel de subjetividad del técnico que analiza las imágenes y con ello disminuir su precisión y repetitividad.

Teniendo en cuenta las premisas anteriores y dentro la línea de investigación “Predicción de algunos parámetros que determinan calidad de carne bovina con variables *ante mortem*, mediante modelos matemáticos”, que se sustenta en los proyectos de investigación: “Caracterización de los Sistemas de Producción de Carne Bovina en la Zona Centro Sur de Chile Mediante el Uso de Modelación Matemática”(206.121.011-1.0 VRID, 2006-2009), “Modelamiento de la Calidad de Carne Bovina PampaVerde® Utilizando Ultrasonido”(210.121.013.-1.0 VRID, 2010-2012) y “Estudio de los parámetros que determinan el crecimiento muscular de bovinos y que influyen en la calidad de la carne” (217.121.016.-1.0 VRID, 2017-2019), se plantea el desarrollo de la tesis “Predicción de calidad de carne bovina con variables *antemortem*”. En esta tesis se contempla la hipótesis: “Es posible predecir algunos parámetros que determinan calidad de carne con variables *ante mortem*, en bovinos, utilizando ultrasonido y tratamiento computacional de las imágenes”. Para contrastar esta hipótesis se plantean los siguientes objetivos:

**OBJETIVO GENERAL:** Predecir la calidad de la carne bovina a través de la construcción y validación de modelos matemáticos basados en rasgos de conformación muscular y grasa, medidos *in vivo*.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Estudiar y proponer parámetros inalterables, bajo la aplicación de ultrasonido *in vivo*, para determinar aquellos de mayor influencia en la calidad final de la carne bovina.
  
- Formular y validar modelos que permitan medir *in vivo* el grado de marmoleado en bovinos a través de ultrasonografía y el tratamiento de imágenes.
  
- Formular y validar modelos que permitan medir *in vivo* el área del ojo del lomo total en bovinos, a través de ultrasonografía y el tratamiento de imágenes.
  
- Formular y validar modelos que permitan estimar el rendimiento al despiece *in vivo* en bovinos seleccionados para producir carnes *premium*, a través de ultrasonografía y el tratamiento de imágenes.

## **2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.**

### **2.1 LA GANADERIA BOVINA EN CHILE**

En Chile, la producción de carne bovina, se considera como un subproducto de la lechería, dado que existe una mayor proporción de razas doble propósito. Este biotipo animal, junto a razas especializadas como Hereford y Angus, y sus cruza con razas lecheras, se manejan en sistemas pastoriles, así como también en sistemas mixtos (pradera y galpón).

De acuerdo al VII Censo Agropecuario y forestal (INE, 2007). En la cadena de producción bovina, el eslabón de los crianceros ocupa un lugar clave, pues muchos de ellos pertenecen al sector de la agricultura familiar campesina, que en Chile representan un universo aproximado de 225.000 unidades productivas, las cuales ocupan el 40% de la superficie silvoagropecuaria y aportan un tercio de la producción agrícola nacional. Ahora bien, dentro de la producción pecuaria cuentan con un 42% de las existencias bovinas, aproximadamente un 50% de la producción ovina y un 18% de praderas. Todo ello, distribuido en cerca de 150.000 productores.

En Chile, prácticamente en todo el país, es posible producir carne bovina, completando todo el ciclo productivo y bajo distintos sistemas que pueden ser intensivos, semi-extensivos y extensivos.

En la zona central del país se distinguen claramente dos ambientes productivos, el de riego y el de secano. Las engordas en confinamiento, en base a forrajes producidos en el mismo predio, se desarrollan en la zona de riego. Mientras que en las de secano se aprovecha la temporada de pastizales naturales, dado su rápido crecimiento, que se extiende desde julio a octubre y que permite ganancias de peso diarias de alrededor de 1 kilo, con cargas de entre 0,2 a 0,4 animales por hectárea.

En la zona de secano, la actividad más importante dentro de la cadena productiva, es la crianza, que permite sacar a la venta terneros de seis meses o novillos de un año, que se crían en condiciones extensivas de manejo de praderas. Estos animales, por lo general son vendidos para terminar su proceso de engorda en zonas de riego, en condiciones de

confinamiento o trasladados a la zona sur del país en donde completan su engorda en praderas.

Tradicionalmente en la zona central se desarrollan dos tipos de producción, acorde con las características agroecológicas existentes, principalmente bajo condiciones de riego o de secano. En la zona de riego, las condiciones edafoclimáticas permiten la producción de frutales y cultivos, con excelente rendimiento, lo que circunscribe a la ganadería, que se desarrolla en base a praderas, a sectores en donde los suelos son más limitados. Por otro lado, se priorizan las explotaciones lecheras relegando a la producción de carne como un subproducto de ésta. A pesar de lo anterior, en esta zona predominan las engordas extensivas en base a recursos forrajeros, de animales provenientes de zonas de secano, ya sean del sector costero o de la pre cordillera. En estas engordas, predominan los recursos forrajeros, de buena calidad como heno de alfalfa y ensilaje de maíz entre otros y también se utilizan subproductos de la industria agroalimentaria.

El uso de subproductos provenientes de la industria agroalimentaria, se debe a que ha disminuido la disponibilidad de terrenos destinados a la producción de forrajes, ya que estos han sido destinados a otros cultivos más rentables. Los subproductos más utilizados, entre otros, son: melaza, afrechillo, pomasa de tomates, desecho de papas, hortalizas y frutas. Es importante destacar, que en la mayoría de los planteles ganaderos dedicados a la engorda de animales, utilizan al menos uno de estos subproductos en sus dietas, logrando con ello ganancias de peso diario, que van desde 1 a 1,5 kilos por animal. También existen otras alternativas, como las que se realizan con ganado Hereford proveniente de zonas de secano; consiste en un sistema de recría y engorda, con animales destetados en marzo, suplementados durante el periodo invernal con heno de calidad, pequeñas cantidades de subproductos de la agroindustria y sales minerales; finalmente estos animales se terminan a pastoreo.

Igualmente con ganado Hereford, bien en las etapas de cría o vaca-ternero o recría y engorda del ganado, se ha demostrado ser factible poder desarrollar todo el ciclo de producción de carne bovina en praderas sembradas. En este tipo de praderas, el trébol subterráneo puede incluirse como única forrajera, tanto si forman parte de una rotación de cultivos, como si ésta se asocia con falaris para planificar praderas más permanentes, en el

caso de formar parte de una rotación de cultivos, o asociada a falaris al planificar una pradera más permanente, que permite utilizarla tanto en pastoreo como para conservación de forrajes.

Cuando la producción de carne se lleva a cabo en condiciones de secano como las que tienen lugar en zona central, las praderas naturales presentan variaciones en producción y calidad nutritiva, según la época de año y el manejo a que han sido sometidas. Según señala RODRÍGUEZ, (1982) investigaciones llevadas a cabo en el INIA muestran que la producción anual de materia seca presenta importantes variaciones, predominando el rango entre 1 y 2 toneladas de producción. La producción en praderas naturales se midió por 5 temporadas, lo que dio como resultado una fluctuación entre 880 y 1.430 kilos de materia seca por año, con crecimiento concentrado en el periodo de septiembre noviembre. Estas producciones tan bajas limitan en gran medida la posibilidad de la producción bovina en estas condiciones.

Algunos autores, como CLARO (2001) plantean que el sistema de cría en praderas naturales es ineficiente y de baja productividad, debido a la poca disponibilidad de forraje y que además la mayor parte del año es de mala calidad, de hecho se estima una ganancia promedio anual de 15,5 kilos por animal. En el caso de los novillos, aunque se reportan ganancias de peso diario, en primavera, de hasta dos kilos por animal, también son afectados por una considerable pérdida en los meses de otoño e invierno. Esta situación hace que este sistema de producción utilizando sólo praderas naturales sea ineficiente y que afecte fuertemente la calidad de la carne producida, pues se requiere de un periodo de más de 36 meses desde el destete para lograr el peso de faena.

Una buena alternativa para el secano de la zona central del país, sería la engorda de temporada, que comienza a mediados del invierno y se extiende durante la primavera; con baja carga animal y empleando novillos de más de 300 kilos al inicio de la temporada, fundamentalmente con animales provenientes de la zona sur y de razas Overo Negro y Overo Colorado. Para este manejo se han reportado ganancias de peso que van de los 120 a los 150 kilos por novillos. Esta engorda que comienza en junio, debe terminar a mediados de octubre, cuando comienza a secarse la pradera. La ventaja de este sistema es que se genera un diferencial de precio importante entre la compra y venta de los animales, debido

a que en la zona central en esa época existe poca oferta de carne nacional fresca, lo que mejora la rentabilidad del negocio.

Otra alternativa para el secano de la zona central, por sus características climáticas y geográficas, es la instalación de engordas intensivas a corral, debido a que no existe un gran rango entre las temperaturas extremas diarias, lo que permite minimizar las pérdidas de energía en el mantenimiento de los animales. Así como también, los costos de transporte no son significativos para acceder a los ingredientes dietarios importados, debido a su cercanía con los principales puertos del país.

Un buen resultado comercial para engordas a corral en el secano central, fue reportado por PESCE (2004), quien reportó que se lograron pesos de sacrificio de 440 kilos con toretes de 14 meses de edad provenientes de cruza de Angus por Hereford. Mientras que para cruzamientos de razas continentales, tales como Belgian Blue, Charolais o Simmental sobre vacas Angus Por Hereford, se obtuvieron novillos con peso vivo de 550 kilos a los 16 meses de edad, produciendo canales de excelente calidad y logrando rendimientos por sobre el 60%.

En la zona sur del país, según reportan VELASCO y KLEE (2004), la ganadería forma parte de la explotación predial, cuyo manejo se desarrolla en base a praderas presentes en la rotación de cultivos. Existen diversas alternativas de cría y engorda en base a novillos y toretes, cuyos sistemas de producción han considerado planes forrajeros que incluyen el uso de praderas conformadas por una o varias especies. Mientras que en menor proporción hay quienes se dedican a la etapa de cría o vaca-ternero, generalmente ubicados en sectores que no poseen planes de manejo forrajero, donde los terneros son vendidos a productores que se encuentran en otras zonas, en donde cuentan con mejores recursos forrajeros o con acceso a subproductos provenientes de la agroindustria, para completar la cría y engorda.

De manera coincidente, GONZÁLEZ y TAPIA (2017) reportan que en la zona sur, los sistemas crianceros se encuentran principalmente en manos de pequeños a medianos productores, y se ubican en lugares marginales; para su funcionamiento utilizan fundamentalmente ganado doble propósito y de carne, con partos a comienzos de primavera

y con la cría del ternero junto a la vaca hasta el destete. Mientras que los sistemas de recría y engorda están bajo el manejo de medianos a grandes productores, quienes para desarrollar su negocio deben comprar terneros, además que necesitan mayor infraestructura, uso de tecnología y dedicación, fundamentalmente a que estos sistemas se realizan de manera intensiva. Ellos sostienen también que en esta zona es fácil distinguir cuatro macro áreas, cuya importancia radica en que en ellas las curvas de crecimiento de la pradera se comporta de diferentes maneras, lo que da origen a una diversidad de disponibilidad de pasto durante el año, tanto en praderas naturales como sembradas y que definen como:

**a. Precordillera de la Costa o Secano Interior**, normalmente con suelos rojos arcillosos y con problemas de sequía en verano.

**b. Llano central**, con suelos de trumaos, topografía suave y de mayor fertilidad natural y afectada en forma más moderada por la sequía de verano.

**c. Precordillera Andina**, con suelos trumaos situados a lo largo de los cerros cordilleranos, presentan relieve ondulado y sometido a fuerte pluviometría. Normalmente no presentan problemas de sequía.

**d. Suelo de Ñadis**, que ocupan una franja irregular al oriente del Llano Central, especialmente en la región de Los Lagos. Corresponden a superficies, por lo general, casi planos, de baja fertilidad, con problemas de drenaje, pero con buen potencial de producción.

La importancia que tiene para el desarrollo de los sistemas ganaderos el conocer la distribución y disponibilidad de forraje, radica en que esto determina el manejo que se realizará con los animales, tanto en la reproducción como en el sistema de producción más conveniente. De hecho, de la cantidad de forraje depende la carga animal que se va a utilizar. De localidad del forraje dependerá la ganancia de peso y la duración de la engorda. Las estrategias de suplementación dependen de los periodos de disminución o disponibilidad de forraje. En general, en las cuatro macro áreas de la zona sur, se observan producciones similares, utilizando praderas del mismo tipo. Sin embargo, como plantea CATRILEO el 2015, el comportamiento animal puede ser muy diferente, debido a las condiciones climáticas y disponibilidad de infraestructura.

GONZÁLEZ y TAPIA (2017) proponen que para ordenar el manejo de una explotación ganadera, se puede dividir el ciclo productivo en cuatro trimestres a través del año:

**a. Primer trimestre:** corresponde a los tres meses antes de la parición.

**b. Segundo trimestre:** corresponde a los tres primeros meses después del parto.

**c. Tercer trimestre:** Corresponde al primer tercio de la preñez de las vacas o meses cuarto, quinto y sexto después del parto de las vacas.

**d. Cuarto trimestre:** Corresponde al segundo tercio de la preñez de las vacas, se inicia con el retiro del toro del rebaño y el término de la inseminación artificial, finalizando con el destete de los terneros y la evaluación de preñez de las vacas.

Según VELASCO y KLEE, (2004) los sistemas de producción ganadera desarrollados en base a praderas deben considerar la distribución de la materia seca de la localidad donde se encuentren ubicados. Dado que como ya se ha mencionado, esto condiciona a que el proceso de engorda deba terminar antes que se produzcan caídas en las ganancias diarias de peso, por efectos de sequía estival o periodo invernal. Como alternativa, los animales deben completar el proceso de engorda a corral o permanecer un año más a pradera para alcanzar el peso deseado. En la medida que la duración de la etapa de engorda sea menor, el sistema logra una mayor eficiencia productiva. De hecho ellos plantean que es posible implementar un sistema con razas de carne de 12 a 13 meses en corral y con raciones de engorda: este sistema se puede implementar con machos de razas de carne, como Hereford y Aberdeen Angus o sus cruzas, tanto, enteros como castrados. Una de las características principales es el empleo de novillos o toritos de nacimiento de primavera, con pesos no inferiores a 220 kg, al iniciarse el sistema de producción en el mes de abril.

En resumen, los sistemas de producción bovina del sur de Chile, consideran a la pradera como la base de su alimentación. Fundamentalmente utilizan ganado doble propósito y de carne, con partos a comienzo de primavera y criando al ternero junto a la vaca hasta el destete o final del periodo de lactancia. Existen dos grupos de productores, los

que se dedican a la crianza y que por lo general, se ubican en sectores marginales y en suelos de baja calidad y los que se dedican a la recría y engorda, poseen mayor infraestructura y mejor acceso a la tecnología. Sin embargo, ambas tipologías de productores deben realizar un buen manejo de los recursos forrajeros dada la fluctuación de estos durante el año.

En la zona austral, los sistemas ganaderos se basan principalmente en la crianza. El destino final de los terneros (as) producidos son engordas dentro y fuera de la zona, terminándose una importante cantidad en forma local, para luego exportarse a otras regiones (Región de los Lagos en particular).

Según GONZÁLEZ y TAPIA (2017) plantean que en esta zona los rebaños están formados generalmente por razas doble propósito, seleccionadas para producción de carne, o por razas puras junto a sus híbridos, especialmente Overo Colorado o Frisón Rojo, Hereford y Angus; la que se ha incorporado en los últimos años, fundamentalmente, por un cambio en los hábitos alimenticios de los consumidores, que requieren productos de mayor calidad.

De acuerdo con trabajos presentados por VELASCO y KLEE (2004), en donde sostienen que se ha producido una mejora en los sistemas de cría y engorda en la zona, fertilizando las praderas naturales, logrando con ello, pesos adecuados en los animales al final de la temporada, consiguiendo evitar que éstos pase un segundo invierno en predio, consumiendo raciones de mantención, logrando con ello disminuir los costos de producción del sistema.

La zona austral de Chile, conocida como Patagonia, incluye las regiones de Aysén y Magallanes, que se caracteriza por tener un clima frío, donde las alternativas productivas son limitadas por las condiciones climáticas. Sin embargo, estas regiones tienen zonas asociadas a mayor pluviometría que permite desarrollar sistemas ganaderos, estas zonas son llamadas vegas, en donde según HEPP (2006 y 2014), es posible introducir manejos que permitan tener una mayor base forrajera. Por otro lado, la degradación de los suelos es uno de los factores que inciden sobre los cambios que se observan en las especies forrajeras, de hecho CRUZ y LARA, ya en el año 1987, observaron que las especies de mayor valor

forrajero eran reemplazadas por otras de menor valor para la ganadería y que tampoco ofrecían mayor protección al suelo. Las zonas de mayor potencial productivo en la Patagonia corresponden, en Aysén a las denominadas intermedias y húmedas, mientras que en Magallanes a la sub-andina oriental. En estas zonas, la mayor pluviometría y mejores condiciones agroclimáticas, permiten que las dinámicas de crecimiento de las praderas sean más activas y productivas. Es así que en estas zonas, la producción de ganado bovino de carne alcanza una mayor relevancia. Los sistemas ganaderos que se desarrollan en estas zonas corresponden a pastoreo tradicional continuo de invernada-veranada, típico de la ganadería tradicional. Se debe tener presente que estas zonas agroecológicas no se encuentran dentro de un mismo predio, por lo que los animales deben trasladarse de acuerdo a la estación del año, que puede ser veranada, que se realiza en la cordillera o invernada, que por lo general se realiza dentro del propio predio

En la zona intermedia y estepa de la zona austral el periodo de invernada es relativamente largo (5 a 8 meses), comprendiendo sectores bajos y protegidos. En la zona húmeda este periodo es menor (3 a 4 meses) y ocupa sectores más altos, asociados a matorrales de quila y bosque. Producto de lo anterior, CRUZ y LARA, ya en 1 año 1987, observaron que en todas las zonas, a través del año, es común encontrar un notorio desbalance en la condición corporal y pesos vivos de los animales. Por su parte, GONZÁLEZ y TAPIA (2017) plantean que en este sistema tradicional, el periodo de encaste se realiza entre finales de noviembre y fin de diciembre, por medio de la monta natural, en donde las hembras, para su primer servicio tienen entre los 24-26 meses de edad.

En la zona austral húmeda de Aysén, el sistemas de producción de carne bovina que predomina es el de vaca-ternero, generalmente asociado a pequeños productores que poseen rebaños de aproximadamente 35 vacas. Estos predios utilizan el manejo extensivo, con una baja carga animal y por su puesto con bajos índices productivos. El periodo de veranadas se extiende entre los meses de agosto a marzo, puesto que en esta época del año es donde se produce el crecimiento de las praderas y además las precipitaciones no son tan abundantes. Es en estos sectores en donde también se realiza la conservación de forrajes, que se utiliza por uno o dos meses, al final del periodo invernal y antes del parto. Durante la invernada, que corresponde a los meses de abril a julio, las vacas son transportadas a

sectores más altos, en donde los recursos forrajeros los constituyen los rezagos praderas altas, quilas y bosques. Este traslado se realiza también para evitar el daño de los potreros debido a la excesiva humedad. En estos sistemas los partos se concentran entre mediado de agosto y finales de septiembre. En este sistema la suplementación que reciben los animales se prolonga entre 60 a 70 días, comenzando en julio, dependiendo de la carga animal y de la categoría. En todo caso, en todas las zonas agroecológicas las vaquillas registran sus primer parto alrededor de los tres años de edad (GONZÁLEZ y TAPIA, 2017).

La región de Magallanes se caracteriza por tener una ganadería extensiva de carácter empresarial, más especializada y con un tamaño promedio del rebaño, según a VELASCO y KLEE (2004), superior por casi diez veces el promedio nacional. En esta región, la ganadería se concentra en zonas que tienen un mayor potencial productivo. Dentro de éstas, la Provincia de Última Esperanza es la que tiene una mayor especialización en el rubro y se caracteriza también, por su mayor amaño promedio del rebaño, así como también por poseer una mayor cantidad de predios dedicados solamente a producción bovina. Ello es posible por las condiciones agroclimáticas que permiten el desarrollo de la actividad.

Para GONZÁLEZ y TAPIA (2017) en la región de Magallanes se producen terneros de buena calidad genética, con pesos al destete de alrededor de 200 kilos, lo que hace que en esta zona predomine el sistema vaca-ternero. Todo ello gracias a las buenas condiciones agroclimáticas y la alta especialización carnicera del rebaño, lo que permite exportar hacia la zona central del país los terneros y terneras, donde se llevan a cabo los procesos de recría y engorda de esos animales, así como su comercialización final.

COVACEVICH y col, en el año 2005 en concordancia con los autores anteriores plantean que la ganadería extensiva en ambientes rigurosos como el de Magallanes, dependen de las condiciones climáticas de cada temporada, por lo tanto no permiten un abanico tan amplio hacia los cuales orientar el sistema de producción. Por ello la ganadería utiliza un sistema de pastoreo estacional continuo de veranada-invernada. Sostienen que las veranadas se producen en zonas de altura, que por lo general se encuentran por sobre los 300 metros por sobre el nivel del mar. El encaste se realiza de manera natural, iniciándose a finales de noviembre y terminando en los finales de diciembre, según la latitud y la preferencias de los productores.

COVACEVICH y col (2005) también plantean que el sistema más utilizado en la región de Magallanes corresponde al de vaca-ternero, esto comenzó a utilizarse desde que se mejoró la conectividad con Chile continental. Dada la buena calidad del rebaño en la región y de la buena calidad genética, que permite destetar animales con 200 kilos en promedio, permite la exportación de los animales hacia la zona sur y central, en donde se realiza la recría y engorda, así como también la su comercialización final.

En la región de Magallanes es posible desarrollar una ganadería en amplias zonas de estepas, con manejo extensivo, cuyo sistema de manejo es bastante complejo dadas las especies forrajeras o comunidades vegetales que lo componen, lo que determina el uso y la carga animal y con ello su productividad. Las distancias recorridas, el tamaño de los predios, el acceso a las fuentes de agua y la topografía son factores que influyen también en el resultado ganadero. En esta zona se hace del manejo de la ganadería, un desafío permanente para los productores y desarrollo del sector, debido fundamentalmente a la lejanía de los mercados.

En la actualidad, en la región de Magallanes, los esfuerzos productivos de los sistemas ganaderos, se orientan, por una parte, a obtener un ternero híbrido en pie, con pesos promedios de 200 kilos al destete, para su venta y exportación a la zona sur y centro sur del país, que satisfaga los requerimientos del mercado que los demanda para su recría y engorda y, por otra, a lograr abastecer un mercado local relativamente pequeño con carne fresca en invierno. Aunque en los últimos años, también ha habido iniciativas que buscan producir novillos aptos para el mercado internacional de exportación, debido fundamentalmente a las condiciones zoonosanitarias de la región.

### **2.1.1 SITUACIÓN**

En las diversas instancias de discusión público-privada sobre la cadena de la carne ha surgido la necesidad de avanzar hacia un enfoque de cadena de valor, en que la generación de vínculos entre sus distintos eslabones permite no sólo contar con una adecuada distribución del valor generado por la cadena sino también mejorar la competitividad de ésta, por medio de la alineación de la oferta y la demanda de productos cárnicos (CAMPOS y col., 2012; AGUIRRE y ESLAONA, 2018).

La cadena de la carne en Chile, desde el año 2014, inició un camino tendiente a mejorar la promoción de los productos; para ello se destinaron recursos para estudios de mercado y campañas de promoción, mediante el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y el Ministerio de Agricultura (MINAGRI).

Por otro lado, la actual situación de la producción nacional de carne de bovino, permite afirmar que los desafíos en adelante serán inmensos y todo parece indicar que los esfuerzos debieran apuntar a las grandes posibilidades de exportación de productos de calidad, a diferentes mercados, por la necesidad de emprender esfuerzos para mejorar la rentabilidad.

En este contexto, desde el año 2005, el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) mantiene un Programa Oficial de Trazabilidad Animal, como apoyo para determinados programas de inocuidad de productos pecuarios, sanidad animal y certificación de exportaciones, con el fin de garantizar la seguridad sanitaria de los productos pecuarios chilenos. Para ello el programa exigía mantener información de un bovino que porte el Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIIO), desde su nacimiento hasta la faena, incluyendo los movimientos del animal, siendo necesario contar con otros componentes como:

- El registro de establecimientos pecuarios a través del Rol Único Pecuario (RUP).
- Las Declaraciones de Existencia de Animales (DEA).
- El Formulario de Movimiento de Animales (FMA).
- El Sistema de Información Pecuaría (SI-PECweb).

En la mayoría de los países, el término trazabilidad involucra como mínimo exigencias que permitan garantizar inocuidad, seguridad, sustentabilidad y bienestar animal. De hecho, la información generada permite tener sistemas de seguimiento que además de trazabilidad, entregan información pertinente a la gestión productiva y comercial, que se maneja internamente de manera privada en los predios. Esto ayuda al manejo de registros productivos, reproductivos y económicos, que ayudan a tomar dediciones y, además, a evaluar el comportamiento y la eficiencia de los sistemas productivos y de la cadena en general. Es decir, la trazabilidad va mucho más allá de la identificación del animal.

El sector tiene un gran potencial de crecimiento, basado en el estatus zoonosario, las potencialidades de mejoramiento de praderas y las posibilidades de aumentar la eficiencia en todos los eslabones de la cadena, pero se necesitan que trabajen de manera articulada, reivindicando la vocación exportadora para aumentar la competitividad y aprovechar las oportunidades que se visualizan en los mercados externos.

#### **2.1.1.1 SECTOR CONSUMIDOR**

La carne es una importante fuente de gran cantidad de nutrientes como proteínas y hierro, por lo cual es considerada esencial para una buena salud (KUBBEROD y col., 2002; COSGROVE y col., 2005). Sin embargo, la carne no es un producto homogéneo y su composición difiere entre categorías (COSGROVE y col., 2005; FIDAN, 2005). El consumo de carnes rojas ha sido asociado con el aumento del riesgo de enfermedades del corazón, cáncer de colon y diabetes de tipo 2, entre otras (COSGROVE y col., 2005). Tanto en Chile como en otros países, el consumo de carne bovina ha disminuido su participación relativa en el consumo total de carnes de la población, en favor de carne de aves y cerdo (USDA, 2002; RESURRECCIÓN AVA, 2003; MORRISON y col., 2003). El consumo aparente total de carne en Chile se ha incrementado llegando a 79 kilos por habitante en 2006, debido principalmente al aumento en el consumo de carne de ave y cerdo (34 kg y 23 kg per cápita, respectivamente). En contraste, el consumo per cápita de carne bovina, que en 1990 era el más importante entre las carnes, se ubicó en 2006 en tercer lugar con 22 kg por habitante, cifra 13% menor que en 2005. Paralelamente, el consumo per cápita de carne de ovinos ha fluctuado entre 0,2 y 0,5 kg (ODEPA, 2007).

Durante los últimos años el mercado de la carne bovina ha experimentado numerosos cambios, entre los cuales destacan: Disminución de los niveles de consumo, tanto así que el año 2006 se produjo un hecho sin precedentes, el consumo aparente de carne bovina fue menor que el de carne porcina. Mientras las carnes de ave y de cerdo crecían en 11,8 % y 16,7 % respectivamente, la carne de vacuno disminuía su consumo en un 12,6 % (ODEPA, 2007).

Fenómenos de índole sanitaria, como la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) en Europa principalmente y la aparición de focos de fiebre aftosa en países exportadores de

América del Sur, como Argentina y Brasil, han alterado los niveles de existencias, el comercio exterior y el consumo, tanto de las carnes rojas como blancas.

El aumento de las importaciones, durante el año 2005 de carne bovina deshuesada correspondió al principal producto silvoagropecuario importado, por un monto cercano a los US\$ 326.000.000 (ODEPA, 2006).

Las cifras indican que la industria nacional de carne bovina ha perdido terreno frente a otros productos cárnicos, la producción avícola creció un 2,8%, llegando a 550 mil toneladas y la producción de carne de cerdo en el año 2005 alcanzó a casi 411 mil toneladas, un 10,1% más que en el año anterior. Si bien la producción de carne bovina creció por segundo año consecutivo, alcanzando 215.583 toneladas en el año 2005, lo que constituye un incremento de 3,5% respecto del año anterior, el consumo interno no crece de la misma forma, durante el período 1990-2005 la tasa de aumento del consumo de carne bovina ha sido de sólo 2% anual, lo que está muy por debajo de la tasa de crecimiento del conjunto de todas las carnes, que alcanzó 4,5% en el mismo período.

Los hábitos de consumo han alterado fuertemente la demanda de carne de algunos países, cambios propios de la modernidad, la globalización, la falta de tiempo de los jefes de hogar, la conveniencia, etc., han motivado un cambio en la cantidad y calidad de los productos demandados. Frente a este panorama resulta necesario incrementar el nivel de conocimientos sobre los factores que influyen la decisión de compra de los consumidores, pues esto posibilita visualizar la forma en que estos reaccionarán ante diversas señales de información y ambiente, permitiendo dirigir las estrategias de mercado en el mismo sentido (SCHIFFMAN y KANUK, 1997).

Los consumidores de países desarrollados ponen cada vez más atención a temas como bienestar animal, sustentabilidad ambiental, naturalidad de productos y producción orgánica, además de la calidad e inocuidad del producto. Esto ha llevado a que tanto desde el sector público como desde el área privada se den respuestas a esas demandas, mediante el desarrollo e implementación de esquemas de aseguramiento de la calidad, que incluyen mayores controles y gestión de la misma, definiendo estándares para producir, transportar y procesar los alimentos.

La disminución del consumo per cápita de carnes rojas y el incremento de la demanda de carne de ave a partir de los 70', se ha asociado a una mayor preocupación por la salud (COSGROVE y col., 2005; RESURRECCIÓN AVA, 2003; MORRISON y col., 2003) y a los cambios relativos en los precios (FIDAN, 2005; ODEPA, 2007; YEN y HUANG., 2002). Otro grupo de investigaciones señala como principal causa del cambio en el consumo de distintos tipos de carnes, los cambios en los gustos y preferencias en los consumidores asociados a las variaciones en las características demográficas de la población (RESURRECCIÓN AVA, 2003; YEN y HUANG, 2002). Diversas investigaciones han detectado diferencias en el consumo de carne dependiendo del género y edad del consumidor (VERBEKE y col., 2002; HARVEY y col., 2001; BEARDSWORTH y col., 2002). Se ha determinado que las mujeres consumen menos carne que los hombres (COSGROVE y col., 2005), especialmente carne bovina (KUBBEROD y col., 2002; COSGROVE y col., 2005; HARVEY y col., 2001). Asimismo, existe evidencia de una mayor preocupación por la salud a mayor edad (VERBEKE y col., 2002). Las decisiones de compra de alimentos también se asocian a las prácticas alimentarias de los miembros de la familia (BOVE y col., 2003), existiendo menor consumo de carne en familias con niños menores de 12 años (VERBEKE y col., 2002; QUAGRAINIE y col., 1998).

ALBALA y colaboradores (1998 y 2002) señalaron que en Chile la situación nutricional actual está relacionada con cambios económicos y sociodemográficos, en la dieta y en los estilos de vida. Por su parte MENDOZA y colaboradores (2007) destacaron que se ha producido un aumento en el suministro de energía alimentaria, un cambio en la composición del suministro con una disminución en el aporte de los carbohidratos y un aumento de las grasas, junto a una disminución en la contribución de los alimentos de origen vegetal en favor de los de origen animal. En el país se han detectado diferencias en el consumo de alimentos de origen animal asociadas al nivel de ingreso (MENDOZA y col., 2007) y al género del consumidor (SCHNETTLER y col., 2006).

#### **2.1.1.2 SECTOR PRODUCTOR**

El último Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007), señala que la existencia de ganado bovino en el país es de 3.789,7 miles de cabezas, concentradas en la zona sur, siendo la Región de los Lagos la de mayor participación con un 27,9 % del total de

animales. La Región del Bío Bío representa el 12,1 % de la existencia bovina, ocupando la cuarta posición a nivel nacional. Por otra parte el beneficio de ganado bovino a nivel nacional estuvo compuesto en un 51,4 % de novillos, 24,3 % vacas, 18,5 % vaquillas y 5,8 % de otras categorías el año 2007 (VELIS, 2008).

Con respecto al comercio internacional, las exportaciones de carne bovina registraron una disminución de 1,9 % con respecto al año 2006 en el que se exportaron 8.227 toneladas. Los países compradores, fueron México (23 %), Cuba (19,8 %), EE.UU. (13,5 %) y Reino Unido (12,8 %) entre otros. En las importaciones, Argentina es nuestro principal abastecedor con un 51,5 %, seguido por Paraguay (35,5 %), Uruguay (7,1 %) y Brasil (5,9 %) (VELIS, 2008).

El consumo total de carne, *per capita*, a nivel nacional llegó a 79 kg en el año 2006, las preferencias en la demanda nacional están influenciadas principalmente por el precio del producto, lo que favorece el consumo anual de carne de ave (34 kg) y cerdo (23 kg), en desmedro del consumo de carnes rojas (22 kg) por presentar mayores precios (RIVAS, 2007; VELIS, 2008).

La ley 19.162 (Ley de la carne) puesta en marcha el año 1994, tiene como objetivo principal, regular todos los eslabones de la cadena de la carne, también establecer normas básicas para la industria cárnica, mataderos y frigoríficos, además, le entrega al Servicio Agrícola Ganadero (SAG) la misión de fiscalizar la clasificación, tipificación y nomenclatura de cortes, para permitir una mayor transparencia en la comercialización de ésta, generando seguridad en el consumidor (ESNAOLA y POBLETE, 1993).

Con el propósito de mejorar la cadena de producción y comercialización el Estado chileno en el año 1998, a través de la Corporación de Fomento (CORFO) y el Ministerio de Agricultura, crearon el Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP). Esto con el fin de mejorar y aumentar la competitividad incentivando el establecimiento y fortalecimiento de relaciones estables de subcontratación entre la empresa demandante del producto o servicio y los proveedores de estos (ÁVILA, 2002). Carnes Ñuble S.A., frente a los requerimientos del mercado, formó un Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP) entre los años 1999 y 2003, cuyo objetivo fue potenciar la productividad a través del encadenamiento con los proveedores de ganado bovino, de tal forma de asegurar el abastecimiento de carne bovina

de la planta en cuanto a calidad y volumen. Con esta política de diferenciación se logró introducir al mercado nacional la marca PampaVerde®, a través de la cual se comercializan cortes de carne de animales provenientes de los productores asociados al PDP y que cumplen con ciertas características deseadas por la empresa, así se asegura una homogeneidad y certificación de calidad, permitiendo agregar valor y diferenciación de sus productos frente a otros competidores (ÁVILA, 2002).

Un eslabón fundamental que debería determinar la calidad de un corte de carne bovina es el sistema productivo de engorda o término del ganado, caracterizado por ser una etapa donde se debe completar el crecimiento del animal, que corresponde al depósito de grasa y músculo, suficiente para satisfacer las demandas de conformación que exige la industria y el mercado cuyos destinatarios son los consumidores (ROJAS y CATRILEO, 2005).

Los bovinos utilizados en los sistemas productivos de engorda presentes en el país corresponde principalmente a ganado de doble propósito o de lechería, donde las razas especializadas de carne como Hereford o Abendeen Angus tienen una baja participación representando entre el 25 a 30 % de la masa ganadera total (BECERRA y KLEE, 1991; AMESTI, 2000; NAVARRO, 2001).

Los sistemas de engorda bovina utilizados en Chile, se clasifican principalmente en: engorda a pastoreo donde son alimentados en base a praderas; engorda a corral donde se utilizan forrajes conservados y granos o concentrados y la engorda a pastoreo con término a corral donde se fusionan los sistemas anteriores (PORTE, 1994a; ROJAS y CATRILEO, 2005).

GOIC y ROJAS (2004) y GOIC y IRAIRA (2005) señalaron que en las engordas realizadas a pastoreo existen dos alternativas, una en que los animales de nacimiento en otoño y provenientes de lechería con 6 a 7 meses de edad y 170 kg de peso vivo, salen a pastorear en primavera para posteriormente en verano y otoño ser suplementados con granos o concentrados energéticos, así se obtienen animales de 420 kg PV para la venta con 16 a 18 meses de edad.

En la otra alternativa los animales de lechería nacidos en primavera, salen a pastorear en mayo a los 7 u 8 meses de edad con pesos de destete no inferiores a 200 kg,

además son suplementados en el periodo invernal con ensilaje y grano o concentrados, mezclado con alguna base proteica o concentrada simple para obtener un peso al final del periodo de 340 kg PV, luego en primavera pasan a un sistema de pastoreo donde logran pesos de sacrificio de 450 kg PV a los 16 o 17 meses de edad.

En la engorda a corral; los animales de razas de carne, ya sea Hereford o Aberdeen Angus, nacidos a fines de invierno ingresan con 6 ó 7 meses de edad y un peso vivo promedio de 220 kg, en este sistema son sometidos a engordas intensivas a corral durante un período de 4 a 6 meses en promedio, con raciones basadas en forraje conservado, suplementado con concentrados, el objetivo es obtener novillos gordos con 480 kg PV en promedio a los 12 ó 13 meses de edad, acortando la duración del proceso.

En la engorda a pastoreo y término a corral, los animales nacidos en otoño provenientes de sistemas lecheros o novillos doble propósito se mantienen con forraje conservado los primeros 60 días del sistema para luego ingresar a las praderas en septiembre con peso vivo no menores a 200 kg con 6 ó 7 meses de edad, donde permanecen hasta fines de verano, con el fin de alcanzar un peso promedio de 330 kg. Después pasan a una etapa de confinamiento en invierno con raciones de concentrados energéticos y proteicos, para obtener pesos de beneficio de 480 kg o más con 18 ó 19 meses de edad.

Otra alternativa es que los novillos de razas doble propósito nacidos en primavera, se mantengan con forraje verde hasta abril, para ingresar a pastoreo con pesos de 180 kg aproximadamente con 6 a 7 meses de edad, suplementados en invierno con forraje conservado o granos, permaneciendo en esa condición durante 12 meses, para posteriormente pasar a una etapa de confinamiento que no dura más de 90 días, con la cual se obtienen pesos para faena de 480 kg en promedio, a los 23 ó 24 meses de edad.

Actualmente en Chile los consumidores buscan carnes magras, blandas, con buen sabor, color y jugosidad, además de diversidad de presentaciones, también se observa una creciente preocupación por la calidad de los productos y su efecto en la salud, es decir, seguridad e higiene alimentaria, frescura y pureza (SCHNETTLER y col., 2004). Todo lo anterior provoca que en el país se implementen nuevos conceptos como trazabilidad, sanidad y Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) con el propósito de cumplir con las exigencias actuales del mercado (GOIC y ROJAS, 2004).

### **2.1.1.3 SECTOR INDUSTRIAL.**

Según las proyecciones de la FAO (2017), la producción mundial de carne debería duplicarse hacia el año 2050. Si bien la mayor parte de ese crecimiento estará concentrado en los países en desarrollo, el aumento de las exigencias de producción, elaboración y comercialización limpia podría significar un desafío importante para la industria.

Respecto de la demanda, la FAO y la OCDE estiman que ésta presentará un crecimiento sobre la oferta y la tasa de crecimiento de la población. El aumento de la demanda estaría dado no solo por una mayor población, sino también por un mayor consumo per cápita (OCDE-FAO, 2014).

Frente a este escenario favorable en el comercio internacional, parece razonable optimizar los esfuerzos que realiza la cadena de la carne en Chile por alcanzar una mayor participación en los mercados nacionales e internacionales.

En la actualidad existe la tendencia mundial de comercializar la carne bovina en forma descompensada, es decir, por partes o cortes específicos, y no por el conjunto completo de un animal como era lo habitual.

A nivel de cortes, el 90 por ciento del mercado mundial de carne bovina se comercializa como cortes sin hueso, donde el 27% del volumen total y el 42% del valor total comercializado corresponden a la carne fresca o refrigerada, y el 73% y 58% a carne congelada.

La mayor demanda de productos deshuesados se asocia con menores costos de transporte y reducción de la transmisión de enfermedades, como la EEB y la fiebre aftosa; en cuanto a los productos congelados, menores costos de conservación y logística contribuyen a su preferencia. Esta forma de comercialización permite que para las exportaciones se combinen distintos mercados con preferencias diferenciadas con respecto a los cortes, logrando optimizar el valor de venta del animal.

De acuerdo con el estudio encargado por ODEPA (2018), los exportadores chilenos tendrían dificultades para optar por esta estrategia, dado que en el principal canal de venta

de la carne en Chile -los supermercados- sólo se está ofreciendo productos de animales categoría V, debido entre otras razones a dificultades logísticas derivadas de la normativa vigente, y una buena parte de las exportaciones son de categorías distintas a la señalada. De este modo, los cortes no exportados de categorías distintas a la V serían de difícil colocación o venta en el mercado nacional, afectando las posibilidades de exportar cortes descompensados.

Dado lo anterior, desde diferentes actores de la cadena de la carne se ha propuesto modificar la normativa vigente con la finalidad de abordar la situación señalada y propiciar que la carne de diferentes categorías de animales pueda tener una comercialización más amplia, específicamente en el canal de los supermercados, favoreciendo el desarrollo de las exportaciones de cortes descompensados.

El Mercosur, compuesto por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, es uno de los principales productores de carne bovina a nivel mundial. En el año 2017, se exportaron más de 2 millones de toneladas desde los países del bloque, 11% más que el año anterior. En lo que se refiere a carne bovina fresca y refrigerada, Chile es el principal país de destino de las exportaciones de Paraguay, Brasil y Argentina, representando 77%, 42% y 39% del volumen exportado por estos países el año 2017, respectivamente. En menor proporción es la participación de Chile en las colocaciones uruguayas, superando el 11% del total del volumen exportado el 2017.

Estas cifras muestran que para la carne refrigerada Chile es un mercado relevante para estos países, por lo que cualquier cambio en la normativa obligatoria de la carne tendría efectos en su dinámica comercial de exportaciones hacia Chile.

Conjuntamente, en los países del Mercosur también se ha observado una especialización de la producción y estrategias de comercialización en forma descompensada. Esto se puede observar, tanto a nivel de carcasas, como a nivel de canales de comercialización. En el caso de Paraguay, existe diferenciación en el mercado entre las categorías novillo UE, novillo Chile y novillo abasto, donde las últimas alcanzan precios de carcasa inferiores.

En cuanto a la comercialización diferenciada, se puede identificar el uso de las cuotas Hilton, que está limitada solo a siete cortes, y la 481, para animales terminados en grano. Ambas cuotas son utilizadas para abastecer a la Unión Europea de carne de alta calidad y valor por parte de Argentina y Uruguay.

Estos antecedentes entregan indicios que al interior de los países vecinos existe una conexión entre los tipos o categorías de animales destinados a faena y sus canales de comercialización a nivel local y de exportación, que es mucho más compleja de la observada en Chile, y de la cual no se cuenta con información detallada y actualizada.

Sobre este último punto, sólo se dispone de información parcial de los países del Mercosur sobre cuáles son los cortes de alto valor y los precios alcanzados en sus mercados de destino, sin embargo, se desconoce el flujo comercial de las demás carcasas y cortes que son distribuidos a través de los distintos canales de comercialización, tanto en mercados internos como externos. En este sentido, la capacidad que han demostrado los países del Mercosur para abastecer diferentes mercados ha motivado a ODEPA a licitar un estudio que caracterice y describa analíticamente, como se estructuran y relacionan los canales de comercialización y las diferentes categorías animales, y cuáles son los arreglos institucionales necesarios para optimizar el proceso de faena con las condiciones comerciales de los distintos mercados, con especial énfasis, en los arreglos necesarios para satisfacer la normativa chilena (ODEPA, 2018).

Entre los muchos factores que afectan a los mercados globales mundiales de carne de bovina, las cuestiones sanitarias, han sido durante mucho tiempo un factor importante para determinar los niveles y las tendencias del comercio mundial. Más recientemente, los problemas de seguridad alimentaria que afectan la salud humana han sido motivo de creciente preocupación. Las enfermedades animales (EEB y la fiebre aftosa) y los patógenos (*E. coli*, *Salmonella* y *Listeria*) tienen un gran impacto en el acceso al mercado y, por lo tanto, en los flujos comerciales (ODEPA, 2018).

Otros factores que afectan los mercados mundiales de carne de vacuno son los recursos naturales que determinan la producción de carne, la competencia por los recursos con los cultivos, las tasas de cambio, las condiciones climáticas, los costos de alimentación

y otros insumos, niveles y tendencias de los ingresos del consumidor, preferencias, etc. Aunque la carne de res se procesa inicialmente a partir de ganado vivo en canales, no es un producto homogéneo; el comercio mundial de la carne se realiza principalmente en cortes, y existen distintas preferencias y precios para cortes particulares en varios mercados. Entre estos, el 90 por ciento del mercado mundial de carne de res se comercializa como cortes sin hueso (OCDE-FAO, 2014).

La mayor demanda de productos deshuesados se asocia con menores costos de transporte y reducción de la transmisión de enfermedades, como la EEB y la fiebre aftosa; en cuanto a los productos congelados, menores costos de conservación y logística contribuyen a su preferencia (PATON y col, 2011). Se espera que el comercio internacional de carne de bovino continúe alcanzando récords. En los últimos diez años, las exportaciones se expandieron un 29%, y la mayor parte de ese crecimiento correspondió a Brasil e India (CEPAL, 2019).

La clasificación de los cortes de carne constituye una etapa preliminar a estas transacciones, pero no menos importante, ya que permite diferenciaciones cualitativas entre los diferentes segmentos. Es así como en la evaluación de carcasas la clasificación consiste en agrupar en clases, o grupos de carcasas con características semejantes como sexo y grado de madurez. La tipificación consiste en diferenciar las clases en tipos ordenados jerárquicamente de acuerdo con criterios específicos como madurez, peso, conformación, rendimiento, gordura de cobertura, entre otras características de carcasa que permitan tipificarlo de acuerdo con su calidad. Estos sistemas permiten describir el valor de carcasa en términos de carne magra, rendimiento y grado de calidad útil para la industria o el mercado minorista y así premiar su calidad de algún modo. El objetivo básico de esta clasificación es obviamente orientar la comercialización a través de la segmentación de grupos homogéneos de calidad y rendimientos similares lo que permite en definitiva que tanto el comprador como el vendedor describan la carcasa en forma semejante.

En Chile el sector industrial de la carne bovina está constituida por la Asociación Chilena de a Carne (ACHIC), que está conformada por empresas faenadoras, procesadoras, importadoras y comercializadoras de carne, se constituye el 16 de diciembre de 1996. Este organismo gremial, tiene por objetivo fundamental, promover el desarrollo de la actividad

cárnica en el marco de la libre competencia y la protección de las acciones que sean comunes a su actividad.

La mayor preocupación de ACHIC, es enaltecer y dignificar el mercado de la carne, para lo cual se propone lograr los siguientes objetivos:

- Canalizar todo el quehacer económico, jurídico y social posible para lograr el desarrollo y bienestar propio de la Asociación Gremial.
- Incentivar el desarrollo y protección de las acciones que le sean comunes a su actividad, ya sea en forma directa o indirecta, dentro de su giro o definición de negocio.
- Procurar el perfeccionamiento de sus afiliados y su personal, con el objeto de que puedan acceder, en las mejores condiciones, a un desarrollo integral y efectivo.
- Promover entre sus asociados el desarrollo de sus actividades dentro de las normas éticas, para así lograr el bien común.
- Representar a sus afiliados frente a toda autoridad o entidad pública o privada y a la opinión pública general, dando a conocer sus intereses e inquietudes como gremio.

### **2.1.2 PROBLEMÁTICA**

Los consumidores chilenos de carne bovina han ido modificando sus preferencias al igual como sucede en países europeos (PIGGOT y col., 1996; RICKERTSEN, 1996). Uno de los factores más relevantes en este cambio es la preocupación por la calidad de los productos y su efecto en la salud (USDA, 2002; SCHNETTLER y col., 2004 y 2008).

El término “calidad”, tiene un sentido ambiguo, depende del punto de vista con el que se le analice. En cualquier caso la calidad en general, respecto de un producto consumible, puede definirse como: “la satisfacción de los deseos y exigencias del consumidor” y de forma comparada, como: “la superioridad o excelencia de un producto frente a otro”.

El término “calidad de la carne” resulta aún más complejo y difícil de definir, muestra de ello es que en la bibliografía se encuentran un gran número de definiciones, pero podemos tratar de definirlo como “la totalidad de las cualidades positivas que constituyen el valor sensorial y nutritivo de la carne”. La calidad de la carne deriva de la suma e interrelaciones de una gran cantidad de factores: Intrínsecos o dependientes del

propio animal como son: raza, sexo, edad, nutrición, sanidad, etc., que definen en el matadero la calidad natural inicial de la canal y que posteriormente determina la de la carne y extrínsecos, que influyen también en la calidad real de utilización con que la carne llega al consumidor, tales como: condiciones pre sacrificio: transporte, tiempo de ayuno, naturaleza y cantidad de la última ingesta, sacrificio, faenado, oreo, maduración, conservación, distribución, venta, conservación en el hogar y tratamientos culinarios. Todas estas características han sido ampliamente estudiadas por numerosos autores desde hace ya tiempo, entre otros: HEDRICK, KIRTON, JUDGE, SIERRA, BRAZAL, SORNAY, SAÑUDO, LÓPEZ, CALVO, RONCALES, GALLO.

En el “mundo de la carne” los diferentes actores económicos (productor, planta faenadora, distribuidor y consumidor) que intervienen en la cadena atribuyen al término calidad una denominación muy variable, no existiendo uniformidad de apreciación del valor, ni están todos interesados por las mismas características de calidad. Todo depende de la influencia de las diversas propiedades del producto, en sus diferentes etapas, así por ejemplo, al productor engordero le interesa terminar animales con buen peso de faena, pues a él le pagan por kilo de animal vivo, por otro lado las plantas faenadoras compran animales y transforman el producto en carne que es la que se distribuye para el consumo.

Para identificar parámetros productivos que incidan en la calidad de la carne, y permitan tomar decisiones, existen diversas metodologías (CAZZOLINO, 2002). Entre éstas se destacan los modelos matemáticos que permiten predecir el comportamiento de los sistemas productivos frente a cambios en las alternativas de manejo, usando diferentes tecnologías, como es el caso de los programas computacionales (WEBSTER, 2000). Los modelos para que sean confiables y aplicables, requieren de un proceso de evaluación y validación, para lo cual es preciso compararlos con observaciones reales obtenidas *in vivo* (STEEL y TORRIE, 1995). La planta faenadora de animales Carnes Ñuble S.A. entre los años 1999 al 2003, implementó un programa de desarrollo de proveedores (PDP), a través del cual, logró introducir al mercado nacional una marca propia, conocida como “PampaVerde®” que genera productos homogéneos y con la calidad esperada, permitiendo agregar valor y diferenciación de sus productos frente a la competencia (ÁVILA, 2002; CAMPOS y col., 2008). Estudiando la calidad de la carne PampaVerde®, se logró

determinar, mediante el desarrollo de dos proyectos de investigación, que entre otras, las variables que más influyen en esta calidad son: grasa de infiltración (marmoleo), grasa de cobertura y área del ojo del lomo (CAMPOS y col., 2008) resultados que coinciden con otros investigadores, que sostienen que entre los componentes de la canal, la grasa es la que presenta mayor variabilidad, tanto en cantidad como en su distribución y se encuentra en relación directa con el grado de engorda de los animales, siendo la grasa subcutánea (grasa de cobertura) la que incide en la apariencia de las canales, debido a un efecto envolvente y protector, y la grasa intramuscular (grasa infiltrada o marmoleado) la que proporciona sabor y jugosidad a la carne. Cuando aumenta el porcentaje de grasa, disminuye tanto el porcentaje de músculo como el de hueso. Estas variaciones de composición, afectan el valor comercial de la canal, influyendo además en el tamaño de los cortes y por ende, su homogeneidad.

La industria ganadera a escala mundial ha desarrollado tecnologías que contribuyen a aumentar la producción y el rendimiento final de carne. Todo ello con la finalidad de obtener el mejor beneficio económico y alimenticio de los sistemas (TORRES, 2002). El conocimiento de las diferencias entre las canales ha tenido un impacto económico que en muchas ocasiones ha marcado cambios importantes en el curso de la industria cárnica internacional (LÓPEZ y RUBIO, 1998). Las canales de mayor valor en el mercado son las de mayor rendimiento al desposte y las de mejor calidad (definida esta última como las características sensoriales preferidas por los consumidores).

Los sistemas de clasificación de canales, actualmente utilizados en Chile, califican la conformación del animal, pero están muy poco relacionados con la composición real de éstas, por lo que pierden objetividad y se tornan insuficientes (BLANCO y col., 2008). Actualmente, existe evidencia, que los parámetros espesor de grasa dorsal, área del ojo del lomo e infiltración grasa, serían adecuados estimadores de calidad de la canal, pero es difícil medirlos *in vivo*.

Lo anterior nos llevó a plantearnos las siguientes interrogantes: ¿Es posible medir estas variables *in vivo*? y ¿Es posible poder predecir la calidad de la canal *ante mortem*?

Para dar respuesta a estas interrogantes y otros cuestionamientos, tales como: la necesidad de conocer el origen y la calidad de los alimentos para uso humano y animal, que es uno de los objetivos centrales en el mercadeo de productos agrícolas a nivel mundial; se cuenta con los métodos cuantitativos y cualitativos tradicionales los cuales son dificultosos, demandan tiempo mano de obra y son de un elevado costo.

El desarrollo rápido y acelerado de la ciencia y la tecnología, hace que la investigación en producción animal sea cada vez menos invasora, menos costosas, más efectiva y confiable (BELLENDÁ, 2002).

Uno de los avances tecnológicos que se está utilizando en ganadería es el ultrasonido (BELLENDÁ, 2002; BLANCO y col., 2008; FREIRE, 2004 y TORRES, 2002). El desarrollo de estos equipos desde la década de los ochenta, ha contribuido de una manera efectiva, actuando como una herramienta en el conocimiento del rendimiento de la canal y su calidad antes del sacrificio del animal (BELLENDÁ, 2002). El fundamento de la ecografía reside en la visualización de las modificaciones de los rayos ultrasónicos al atravesar medios de diferente densidad e impedancia acústica. Las ondas ultrasónicas emitidas por los ecógrafos son producidas por cristales semiconductores que presentan en forma destacada el llamado efecto piezo-eléctrico (FREIRE, 2004). El mecanismo utiliza ondas de sonido de alta frecuencia que son propagadas a través del tejido; en una imagen (ecograma) se proyectan la refracción y la reflexión de cada una de las intersecciones entre sustancias de distinta densidad acústica. La caracterización cualitativa del tejido se hace mediante la interpretación de la escala de grises de los ecogramas, y es la velocidad del ultrasonido la que permite detectar la cantidad de músculo y grasa presentes (LÓPEZ y RUBIO, 1998; BELLENDÁ, 2002 y BLANCO y col., 2008).

La principal ventaja de esta técnica es que puede ser usada en animales vivos para evaluar las características relacionadas con la calidad sensorial y el rendimiento de éstos, como son: área del ojo del lomo (músculo *Longissimus dorsi*) el cual es el mejor índice predictor de la cantidad total de músculo de la canal y del rendimiento de cortes de valor, permitiendo medir el incremento de tamaño de músculo (ARTIME y col., 2007; GUITOU y col., 2007); porcentaje de grasa intramuscular (marmoleado), factor de calidad, que incide en el aspecto, terneza y sabor de la carne; y finalmente la grasa de cobertura, cuya

importancia radica en que es un indicador de terminación del animal (MADORRÁN y col., 2002; TORRES, 2002 y YOKOO y col., 2008).

Por otro lado, las deficiencias en la exactitud de las mediciones está relacionada con: la concentración de grasa en el tejido, la correcta interpretación de las imágenes, conocimiento en el manejo del equipo y en la toma de mediciones, nivel de entrenamiento y experiencia del operador, además de la exactitud de los equipos y software (PERKINS y col., 1992).

Debido a lo anterior es que se deben buscar parámetros que sean medibles e invariantes, es decir que si se repite la medida en el mismo músculo la variabilidad del resultado sea lo más pequeña posible y por lo tanto, atribuible al error experimental y no a la forma en que se toma la muestra. Dado que a través de un ecógrafo es posible rescatar imágenes, con ellas se podrían aplicar las técnicas de tratamiento de imágenes y foto interpretación, que permitirían poder conocer, en tiempo real, los parámetros que interfieren en la calidad de la carne.

En la actualidad, los productores de carne deben manejarse con un criterio económico, planificando su producción y el presupuesto que la misma implica. La técnica del ultrasonido, podría convertirse en una ayuda para aquellos que buscan los mejores niveles de producción. De esta forma, se reduce la cantidad de animales improductivos, y conjuntamente, las técnicas que se basan en el ultrasonido y el manejo de imágenes, permitirán que la calidad y rendimiento, sea un parámetro conocido antes del beneficio por el productor moderno.

La mayoría de los estudios de ultrasonografía que se han realizado para predecir grasa intramuscular en animales vivos se han aplicado a sistemas de producción de ganado para mercados que exigen mayores niveles de grasa intramuscular (> 4%) como son Estados Unidos y Australia (AASS y col., 2006). Sin embargo, pocos son los estudios de ultrasonografía que han investigado niveles de grasa intramuscular intermedias o bajas, como es el caso de Chile.

En Chile, la producción de carne bovina tuvo como característica en el último tiempo, un estancamiento en su producción, debido, entre otros factores, a que su estrategia

de comercialización se orientó hacia el reducido mercado interno. Sólo en los últimos años, se está intentando abrir los mercados internacionales para este producto, como una forma de potenciar su alicaída situación. La suscripción de tratados comerciales con diversos países y bloques comerciales ha abierto una ventana interesante y promisoria para el desarrollo del sector, además, de que Chile presenta una condición sanitaria óptima, ya que tiene ausencia de todas las enfermedades contempladas en la lista A de la oficina internacional de Epizootias (OIE). Es así que, ya se está viendo como diversas empresas del rubro han abordado diferentes mercados externos y así nuestros productos cárnicos están comenzando a ser consumidos por diferentes habitantes del orbe. Debido a la apertura económica de Chile al mercado internacional de carnes, se precisa una mayor integración en la producción y comercialización de la carne bovina, para así aumentar la competitividad nacional e incrementar su participación en éste.

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se desarrolló en tres etapas en consonancia con los objetivos específicos del mismo. La primera aborda el primer objetivo específico, la segunda al segundo y en la tercera etapa los objetivos tercero y cuarto.

#### **3.1 ETAPA I: “Predicción del índice de calidad en canales bovinas para mercado chileno de elite mediante modelación matemática”.**

En el año 2001 Carnes Ñuble faenó 7300 bovinos provenientes de 40 productores de la zona centro-sur de Chile, asociados a su Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP). En todos ellos se analizaron los datos de beneficio de dichos animales de la Planta Faenadora, ubicada en la ciudad de Chillán, Región de Ñuble (Chile).

Las variables que fueron utilizadas para el estudio fueron definidas y generadas por la propia Planta y medidas por certificadores que pertenecían a la empresa externa CERTILAB (CERTILAB, 2011) y corresponden a:

*Peso vivo (kg)*: Peso promedio del animal vivo (promedio por lote).

*Peso de la canal (kg)*: Peso del animal después de ser faenado y antes del desposte, en canal caliente, según INN (2002) (NCh 1306: Of 86, 2002) y sin la grasa de riñón.

*Rendimiento (%)*: Rendimiento centesimal (PORTE, 1994b).

*Clase*: Los animales se clasificaron en novillos (NOV) y vaquillas (VAQ), según INN (1994) (NCh 1423: Of 94, 1994).

*Tipificación*: La tipificación se realizó de acuerdo a la INN (2002) NCh 1306: Of 86, 2002. Las canales se tipificaron como: categoría V (3) y categoría A (2), apareciendo en paréntesis el puntaje entregado por la planta.

*Fenotipo*: Se determinó en base a observaciones de las características fenotípicas más relevantes del animal, confeccionándose los siguientes grupos: Holstein Friesian (HF), Angus rojo o negro (AN), Hereford (HE), Doble propósito (DP) incluyendo a Overo

Colorado y Overo Negro; Híbrido de carne (HC) incluyendo a Hereford x Overo Negro; Hereford x Angus; Hereford x Overo Colorado; Angus x Overo y Simmental x Overo.

*Conformación:* Las canales se clasificaron como buena (3), regular (2) y mala (0), apareciendo en paréntesis el puntaje entregado por la planta.

*Área del ojo del lomo (AOL) (cm<sup>2</sup>):* Se midió a la altura de la décima costilla, en frío, al momento de obtener los cuartos de las canales, utilizando la metodología propuesta por Porte (PORTE y GODOY, 1994). Estableciendo cuatro categorías para NOV: menor que 35,42; de 35,42 a 40,48; de 40,48 a 43,01 y mayor que 43,01 cm<sup>2</sup>; y cuatro para VAQ: menor que 30,36; de 30,36 a 35,42; de 35,42 a 37,95 y mayor que 37,95 cm<sup>2</sup>. Asignándole a cada categoría, tanto en NOV como en VAQ: -1; 0; 3 y 8 puntos, respectivamente.

*Espesor de grasa dorsal (EGD) (cm):* La medición se realizó a través de una regla graduada en milímetros (mm), que se ubicó en el borde de la capa de grasa que cubre el AOL, agrupándolas en cinco categorías: menor a 0,20; de 0,21 a 0,40; de 0,41 a 0,70; de 0,71 a 1,00 y mayor que 1 cm asignándoles 0; 4; 1; 0 y -8 puntos, respectivamente.

*Marmoleado (MAR):* Se calificó por simple observación de la distribución y grosor de las vetas de grasa en el AOL, generando cinco grados distintos de intensidad, desde la categoría grado uno (bajo) hasta categoría grado cinco (excesivo), siendo el puntaje otorgado a cada categoría de: 6; 7; 8; 2 y 0 puntos, respectivamente.

*Índice de Calidad (IC):* Sumatorio de los puntajes obtenidos de las canales bovinas de acuerdo a las variables tipificación, conformación, MAR, AOL y EGD, cuyos valores fueron asignados por la planta. Esta variable permitió a la empresa definir calidad, ya que clasifica a las canales en “Corriente” y “Especial”, siendo esta última la que supera los 18 puntos.

Para estudiar la influencia del peso de la canal caliente sobre la TIP, CONF, MAR, AOL e IC y el efecto del fenotipo y la clase en el peso de la canal caliente, se utilizó el modelo de análisis de varianza (ANDEVA). La comparación de medias, cuando fue necesario, se realizó mediante la prueba de Duncan (DUNCAN, 1974). La verificación de los supuestos del ANDEVA se llevó a cabo mediante los test de Shapiro Wilk modificado

(MAHIBBUR y GOVINDARAJULU, 1997) para la normalidad y Levene (LEVENE, 1960) para la homogeneidad de varianza. Para determinar la influencia de los fenotipos sobre el IC, se utilizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis (KRUSKAL y WALLIS, 1952), con su correspondiente test de contrastes propuesto por Conover (CONOVER, 1999). Para la variable EGD se realizó un análisis descriptivo, mostrando el promedio y la desviación estándar. Los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico Infostat Profesional (DI RIENZO y col., 2013). Posteriormente se calculó la matriz de correlaciones entre las variables tipificación, conformación, MAR, AOL, EGD e IC; para realizar este análisis se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (STEEL y TORRIE, 1995; WEBSTER, 2000).

Las variables que se utilizaron en el modelo de regresión lineal múltiple (BALZARINI y col., 2008) fueron aquellas que presentaron una correlación significativa ( $P < 0,05$ ) con la variable dependiente (IC). Se confeccionaron modelos por clase, fenotipo y el total de la masa bovina (8 modelos), para el desarrollo de los modelos se utilizaron los datos de 6000 animales, dejando los restantes para la validación y comparación. Para comparar los puntajes obtenidos de los modelos y compararlos con los puntajes originales, se realizó una ANOVA. Para medir la capacidad de predicción del modelo seleccionado se utilizó la prueba de exactitud de Freese (FRESSE, 1960), con un error máximo de predicción del 15% (FRESSE, 1960; BARRALES y col., 2004), para ello se utilizó una muestra de 100 animales elegidos al azar de los registros oficiales de la planta faenadora del año 2002, de los miembros del PDP Carnes Ñuble S. A.

### **3.2 ETAPA II: “Modelos predictivos de niveles de marmorización en novillos mestizos Wagyu generados por ultrasonografía y tratamiento de imágenes”.**

En esta segunda etapa se utilizaron un total de 300 machos castrados (novillos) producto de la cruce F1 Wagyu x Hereford y Wagyu x Angus (“Tipo Wagyu”), en manejo estabulado, con alimentación en base a ensilaje de maíz (*Zea mays*) y concentrados.

Las mediciones *ante mortem* se realizaron en la explotación ganadera, Agrícola Mollendo, ubicada camino a Luanco km 2, Los Ángeles, Región del Biobío, (Chile). De los 300 vacunos evaluados *in vivo*, 80 que alcanzaron el criterio de faena (peso, edad y

conformación), fueron sacrificados en el Frigorífico O'Higgins S.A., camino a Melipilla 8139, Comuna de Cerrillos, Región Metropolitana (Chile).

Las evaluaciones *post mortem* se realizaron después de la faena. De los 80 novillos sacrificados, 50 se utilizaron para generar los modelos, 20 para evaluar y realizar los ajustes de los modelos y los 10 restantes para la validación del modelo finalmente seleccionado. La formación de los grupos se realizó al azar, introduciendo el número del Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIIO) de cada animal en una bolsa para así realizar la formación de los grupos sin reemplazo.

**Evaluaciones *ante mortem*.** La captura de imágenes ecográficas de los 300 animales se realizó de manera seriada entre 7 y 21 días previos para alcanzar el criterio de faena (peso, edad y conformación). Se utilizó un ecógrafo marca Mindray, modelo DP-6600 VET, transductor 75L60EA (China), en el espacio intercostal entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla (MOORE y col, 2010) de los bovinos, a una profundidad de 9,7 cm, con una frecuencia de 7,5 MHz, utilizándose gel ecográfico y un “stand off” o acoplamiento para obtención óptima de imágenes (FIGURA 3.2.1).

**FIGURA 3.2.1**  
**CAPTURA DE IMÁGENES ECOGRÁFICAS**

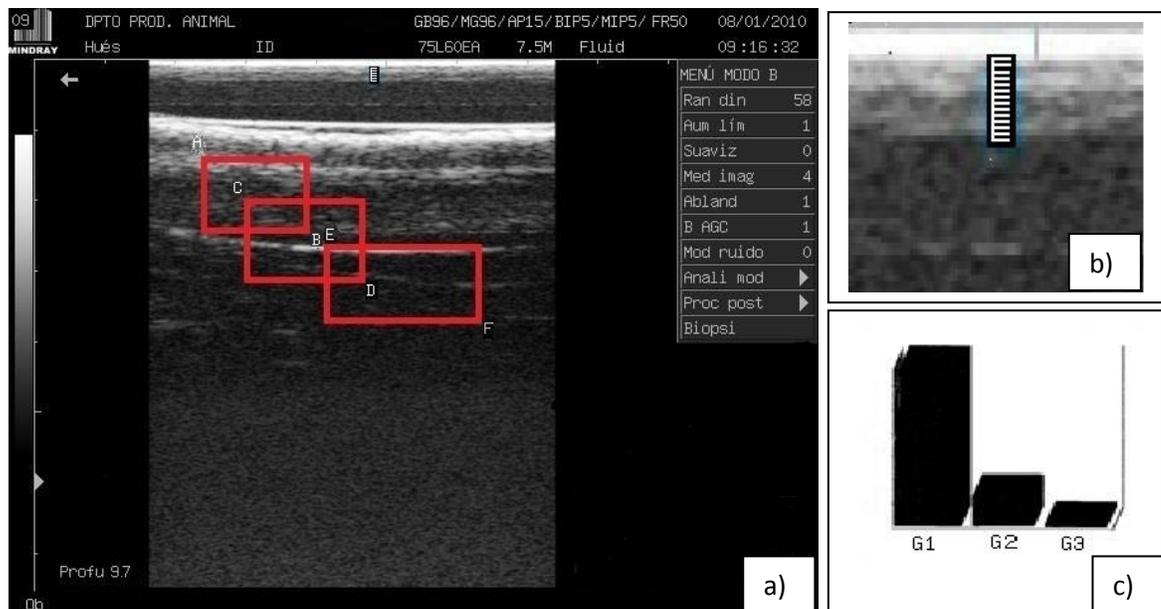


Se tomaron tres imágenes por animal a 5 cm de la espina dorsal hacia la izquierda, con el fin de correlacionar los datos con la canal izquierda. Junto con la captura de las imágenes se registró el peso de los animales en kg (PV) para lo cual se utilizó una báscula (marca Mayov, Chile) provista de una puerta automática.

**Análisis de imágenes.** Para el análisis de las imágenes se utilizó el software Idrisi Selva (EASTMAN, 2012), que entre otras funciones permite transformar las imágenes de datos alfanuméricos a numéricos. De cada una de las imágenes (900) se tomaron tres muestras, que representan los rectángulos (2700 en total) y que corresponden a las coordenadas M1 (A(200,100), B(280,145)); M2 (C(250,120), D(330,160)) y M3 (E(300,150), F(380,195)) (GRAFICO 3.2.1, parte a). Se obtuvieron matrices de datos numéricos de cada muestra, agrupados en tres clases, de acuerdo con la frecuencia relativa de cada pixel, asignándoles los nombres de G1, G2, y G3 (GRAFICO 3.2.1 parte c). Sobre la misma imagen se midió la grasa de cobertura en centímetros (GRAFICO 3.2.1 parte a y parte b)

**GRÁFICO 3.2.1**

**IMÁGENES CAPTURADAS CON ECÓGRAFO A TRAVÉS DE SOFTWARE IDRISI**



- a) Imagen de ecógrafo indicando espesor de grasa dorsal y las coordenadas de las muestras con coordenadas  $M_1$  (A(200,100); B(280,145));  $M_2$  (C(250,120); D(330,160)) y  $M_3$  (E(300,150); F(380,195)), donde  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$  corresponden a las muestras tomadas sobre la imagen.
- b) Imagen ampliada indicando la medición de espesor de grasa dorsal
- c) Imagen de Software Idrisi 32 v15.0 indicando la frecuencia de grupo de píxeles.

**Evaluaciones post mortem.** La evaluación de las características de la canal, en cuanto al *marmoleado* (FIGURA 3.2.2) fueron realizadas por evaluadores externos pertenecientes a CERTILAB (CERTILAB, 2011), evaluando esta característica a nivel del ojo del lomo después de la separación de los cuartos (corte transversal entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla) y antes del desposte, por comparación visual con la escala japonesa Beef Marbling Standars (BMS), que describe el veteado de grasa intramuscular en una escala de 1 a 12, en donde el número menor corresponde a una carne magra y el número mayor corresponde a una alta infiltración de grasa (KAHI y HIROOKA, 2005).

**FIGURA 3.2.2**

### **EVALUACIÓN DEL MARMOLEADO**



**Construcción de modelos matemáticos.** Se contó con una base inicial de 720 muestras provenientes de los 80 animales faenados, 3 imágenes por animal y 3 muestras por imagen, obtenidas *in vivo*. Los datos correspondientes a 50 de ellos se utilizaron para la construcción de los modelos, esto se llevó a cabo por medio de regresión lineal múltiple, a través del procedimiento de stepwise (MOODY y CASSENS, 1968), donde la variable

predicha es el BMS o grado de marmoleado estimado por los evaluadores y las variables predictivas correspondieron a los tres grupos de pixeles obtenidos (G1, G2 y G3), más la grasa se cobertura (GC) en centímetros, el peso vivo (PV) en kilogramos y el tiempo de vida (TV) de los bovinos en meses.

Las variables GC, G1, G2 y G3 fueron transformadas mediante la aplicación “Escore Normales (NSC)” (BALSARINI y col., 2008). La transformación se utilizó para corregir problemas de heteroscedasticidad. De los modelos generados, se seleccionaron cinco modelos óptimos, utilizando como criterio de selección a aquellos que tuvieron el menor Cuadrado Medio del Error (CME) (MOODY y CASSENS, 1968). Para estudiar diferencias en la capacidad predictiva de cada uno de los cinco modelos desarrollados, se utilizaron los datos transformados obtenidos de 20 novillos, evaluando los modelos y comparando los grados de marmoleado (BMS), obtenidos mediante análisis de varianza no paramétrico. Para ello se utilizó el modelo propuesto por Kruskal y Wallis (KRUSKAL y WALLIS, 1952). Después de seleccionar el mejor modelo, se evaluaron los datos de los 10 vacunos restantes y se compararon con los puntajes asignados por los certificadores, utilizando para ello la prueba no paramétrica de Wilcoxon (FAGERLAND y SANDVIK, 2009). Para la validación del modelo se utilizó la prueba de exactitud de Freese (FREESE, 1960) con un error máximo de predicción del 15% (FREESE, 1960 y BARRALES y col., 2004). Los análisis estadísticos se realizaron por medio del software Infostat (DI RIENZO y col., 2013).

### **3.3 ETAPA III: “Estimación del área del ojo del lomo total *in vivo* y rendimiento al desposte de bovinos destinados a un mercado exigente”**

La recopilación de datos para generar y seleccionar los modelos que fueron utilizados se realizó en la zona centro-sur, específicamente en tres plantas faenadoras de las regiones del Biobío y Ñuble, Chile.

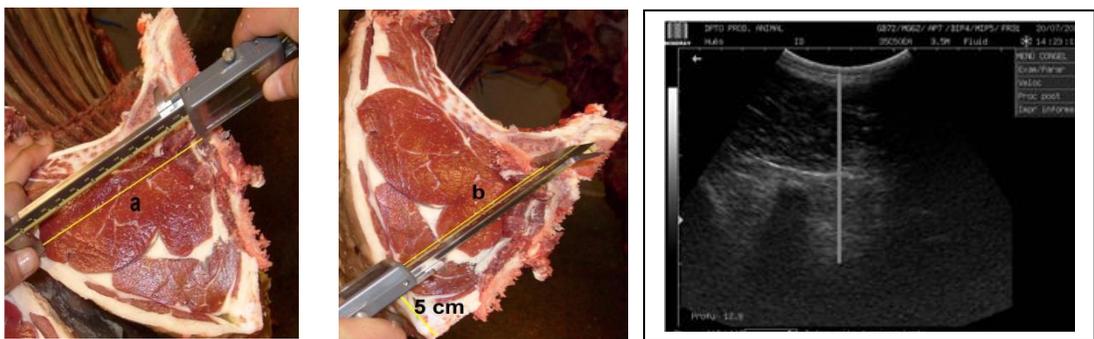
Para el modelo que permite estimar el AOLT, que incluye los músculos *longissimus thoracis*, *spinalis et semispinalis thoracis*, *multifidus thoracis*, *levator costae* y *longissimus dorsi*, las mediciones se realizaron en la planta faenadora Carnes Ñuble S. A., ubicada en Panamericana Norte km. 3 de la ciudad de Chillán, Región de Ñuble, Chile.

Se evaluaron 212 canales de novillos seleccionados para satisfacer los requerimientos de calidad de una marca *Premium*, las cuales incluyeron conformación regular, grasa de cobertura, marmoleado entre los rangos 1 y 3(definidos en la ETAPA I), y AOLT igual o mayor a  $96,75 \text{ cm}^2$  en novillos e igual o mayor a  $90,3 \text{ cm}^2$  en vaquillas. Las variables fueron medidas por la empresa CERTILAB (CERTILAB, 2011), externa a la planta faenadora.

Se buscó aproximar el AOLT, expresado en centímetros cuadrados, a partir del área de la elipse ( $A = ab\pi$ ). Donde “a” representa la longitud del semieje mayor y “b” la del semieje menor. Después de ser obtenidos los cuartos de las medias canales (en frío), se midió con pie de metro digital, el ancho (a) y la profundidad (b) del AOLT, en el espacio intercostal entre la 9ª y 10ª costilla de cada media canal (GRAFICO 3.3.1) y se definió la razón “R” como el cociente entre el semieje mayor y el semieje menor ( $R = \frac{a}{b}$ ).

**FIGURA 3.3.1**

**ESTIMACIÓN DE: “a” (LONGITUD DEL SEMIEJE MAYOR O ANCHO) Y “b” (LONGITUD DEL SEMIEJE MENOR O PROFUNDIDAD) Y PROFUNDIDAD EN CENTÍMETROS DEL MÚSCULO *LONGISSIMUS THORACIS* Y *SPINALIS THORACIS* (OLT).**



De las 212 canales evaluadas, se utilizaron 150 para el cálculo de las constantes: ancho ( $a_{cte}$  en cm), profundidad ( $b_{cte}$  en cm) y razón ( $R_{cte}$ ). Luego se utilizaron las 62 restantes para la generación, corrección y comparación de los modelos con los datos de la planta faenadora. Aprovechando la existencia de los datos de las dos medias canales, se

generaron dos modelos, uno con los datos de la media canal izquierda y el otro con la media canal derecha. Los modelos se generaron reemplazando las constantes mencionadas anteriormente en la ecuación

$$\text{AOLT}(\text{cm}^2) = a_{\text{cte}}(\text{cm}) b(\text{cm}) \pi, \text{ con } a_{\text{cte}} = R_{\text{cte}} b_{\text{cte}}$$

Dónde:  $R_{\text{cte}}$  = razón promedio entre los semiejes a y b de las 150 canales,  $b_{\text{cte}}$  = semieje menor promedio o profundidad promedio (cm) de las 150 canales, y  $\pi = 3,14$ .

Para la comparación entre el AOLT obtenido por los modelos y el calculado por la planta faenadora se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) (NELDER, 1994) y una prueba de contrastes Duncan (DUNCAN, 1974). Para la verificación de los supuestos del ANDEVA, se utilizaron la prueba de Shapiro-Wilk modificado (MAHIBBUR y GOVINDARAJULU, 1997) para la normalidad y la prueba de Levene (LEVENE, 1960) para la homogeneidad de varianza. Con base a los resultados del análisis de varianza se seleccionó el mejor modelo de estimación del AOLT. Los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico Infostat Profesional (DI RIENZO y col., 2013).

Los modelos para estimar el rendimiento al desposte, se realizaron en la Planta Faenadora FRIGOSUR S.A. ubicada en variante Cato s/n, km 2 Chillán, región de Ñuble, Chile.

Para la generación de los modelos de rendimiento al desposte, la recolección de datos se realizó en 74 animales para satisfacer una marca *Premium* de carne bovina nacional, éstos fueron separados en 2 grupos de 50 y 24 animales, seleccionados al azar, introduciendo para ello el número del Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIIO) de cada animal en una bolsa, para así realizar la formación de los grupos sin reemplazo. Se procedió a modelar el peso de los cortes Posta Negra, Posta Rosada, Lomo Liso, Lomo Vetado y Filete que se encuentran definidos en la Norma Chilena INN (1994, 1999 y 2002) (NCh 1423: Of 94, 1994; NCh 1596: Of 95, 1999; NCh1306: Of 93, 2002) y que incluyen los músculos:

Posta Negra: *M. gracillis*, *M. semimembranosus*, *M. sartorius*, *M. pectineus*, *M. adductor*, *M. obturatorius externus*, *Mm gemelli* y *M. quadratus femoris*.

Posta Rosada: *M. quadriceps femoris*, *M. vastus lateralis*, *M. vastus medialis*, *M. vastus intermedius* y *M. rectus femoris*.

Lomo Vetado: *M. iliocostalis thoracis*, *M. longissimus thoracis*, *M. spinalis* et *M. semispinalis thoracis*, *M. intertransversarii thoracis*, *Mm. Levatores costarum* y *Mm. Multifidi thoracil*.

Lomo Liso: *M. iliocostalis lumborum*, *M. longissimus lumborum*, *M. retractor costae*, *Mm. Rotator costae*, *Mm. Intertransversarii lumbalis*, *Mm transversus spinalis* y *Mm. Multifidi*.

Filete: *M. psoas major*, *M. psoas minor*, *M. iliacus* y *M. quadratus lumborum*.

Después de un ayuno de 24 horas, fueron pesados de manera individual, en una báscula romana marca ISIRE Mod RG-1500 (cap. 1500 kg) (China) y evaluados con un ecógrafo Mindray DP-6600 VET (Digital Ultrasonic Diagnostic Imaging System, China), transductor 35C50EA, utilizando un “stand off” o acoplamiento para la óptima obtención de las imágenes (HAMLIN y col., 1995). Todas las mediciones con ecógrafo se realizaron en el espacio intercostal entre la 9ª y 10ª costilla, y a 5 cm de la espina dorsal hacia la izquierda. En cada medición se tomaron tres imágenes ecográficas por animal.

Se procedió a estimar el AOLT, utilizando el modelo propuesto anteriormente con los datos de 212 novillos. Las mediciones para la profundidad del AOLT se realizaron con el transductor 35C50EA, con una frecuencia de 3,5 MHz y a una profundidad de 12,9 cm.

Los animales evaluados fueron sacrificados, permaneciendo sus canales en la sala de maduración por 48 horas a 2°C, luego fueron despostados en la misma planta faenadora. Posterior al desposte, se pesaron los cortes en una balanza de precisión, con capacidad de 64 kg (Modelo ATK, Japón).

Con los datos del primer grupo (50 vacunos), se procedió a realizar un análisis de regresión lineal múltiple (NELDER, 1994), donde la variable predicha es el peso de cada corte y las predictivas son: peso vivo (kg), los componentes del músculo obtenidos de la

agrupación de píxeles por imagen (G1, G2 y G3), la grasa de cobertura (GC) y el AOLT obtenida del modelo seleccionado en la etapa anterior, utilizando el software Idrisi Selva (EASTAM, 2012). Las variables GC y componentes del músculo G1, G2 y G3 fueron transformadas mediante la aplicación EscORES Normales (NSC\_) (BALSARINI y col., 2008) para corregir los problemas de heterocedasticidad. El análisis de regresión se realizó bajo el procedimiento Stepwise (NELDER, 1994) generándose cinco modelos óptimos por corte, utilizando como criterio de selección de los modelos, aquellos que tuvieran el menor valor del Cuadrado Medio del Error (CME) (NELDER, 1994).

Para estudiar diferencias en la capacidad predictiva de cada uno de los cinco modelos seleccionados por corte, se utilizaron los datos transformados obtenidos de los 24 vacunos que no se utilizaron en la etapa anterior. Se evaluaron los modelos y se compararon los pesos de cada corte, mediante análisis de varianza no paramétrico, utilizando para ello el modelo de Kruskal y Wallis (KRUSKAL y WALLIS, 1952). Posteriormente de cada corte se seleccionó un modelo.

Para la validación de los modelos los datos se obtuvieron en la Planta Faenadora Agrolomas S.A., Camino a Coronel N° 6670, San Pedro de la Paz, región del Biobío, Chile.

Los modelos generados anteriormente (AOLT y uno por corte) fueron validados usando datos de 14 bovinos sacrificados para satisfacer una marca *Premium*; éstos bovinos fueron pesados de manera individual, previo al destare o ayuno de 24 horas antes del sacrificio, en una romana marca ISIRE Mod RG-1500 (cap. 1500 kg) (China), y evaluados con un ecógrafo Mindray DP-6600 VET (Digital Ultrasonic Diagnostic Imaging System, China), transductor 35C50EA, utilizando un “stand off” o acoplamiento para la óptima obtención de las imágenes (HAMLIN y col., 1995) en la manga de retención previo al ingreso al patio de sacrificio.

La validación del modelo para AOLT se realizó comparando las estimaciones realizadas con los 14 bovinos *ante mortem* y las medidas de AOLT *post mortem* a través del método de Porte (PORTE y GODOY, 1994). Por su parte, la validación de los modelos por corte se realizó con los pesos reales de los cortes obtenidos de los mismos 14 bovinos. Para la comparación se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon (FAGERLAND y

SANDVIK, 2009). Los análisis estadísticos se realizaron por medio del software Infostat (DI RIENZO y col., 2013).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ETAPA I: “Predicción del índice de calidad en canales bovinas para mercado chileno de elite mediante modelación matemática”.

En el cuadro 4.1.1 se observan los pesos promedios del peso vivo (PV), de las canales calientes (PPC) y el rendimiento centesimal (REND %) según clase, donde se observa que las vaquillas pesaron en promedio un 16% menos que los novillos.

**CUADRO 4.1.1**

**PROMEDIO DEL PESO VIVO, DE LA CANAL CALIENTE Y DEL RENDIMIENTO CENTESIMAL DE NOVILLOS Y VAQUILLAS**

Clase	Variable	Nº	Promedio	DE	Mínimo	Máximo
Novillos	PV	5123	440,68	48,55	224,82	637,35
	PPC	5123	238,54	28,04	121,00	352,00
	REND %	5123	54,00	2,00	49,00	60,00
Vaquillas	PV	2177	367,42	38,06	269,19	652,65
	PPC	2177	199,04	23,99	137,00	354,00
	REND	2177	52,00	2,00	49,00	59,00

PV: Peso Vivo. PPC: Peso Promedio Canal. REND %: Rendimiento Centesimal. Nº: Número de Canales. DE: desviación estándar.

Las diferencias entre clases han sido bien estudiadas por BERG y BUTTERFIELD (1979), considerando que el sexo influye en el peso vivo de los animales, reflejándose en pesos de canales calientes, siendo las vaquillas más livianas que los novillos como se presenta en el cuadro 4.1.2. BERG y BUTTERFIELD (1979) también plantearon que el sexo influye en la composición de la canal. La diferencia del peso de canal, entre novillos y vaquillas, se debería a que estas últimas comienzan a depositar grasa a pesos más bajos que los novillos. Bajo condiciones similares de alimentación y edad, las vaquillas producen canales con mayor cantidad de grasa y menos músculo que los novillos. De acuerdo con lo anterior, se puede pensar que las diferencias de pesos de canal entre clases (cuadro 4.1.1) se podría deber a que las vaquillas son sacrificadas a menor peso vivo que los novillos para evitar el exceso de grasa en la canal.

En el cuadro 4.1.2 se muestran los resultados obtenidos del peso promedio de la canal caliente, agrupadas por fenotipo y clase.

**CUADRO 4.1.2**

**PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE DE LOS DIFERENTES  
FENOTIPOS, SEPARADOS POR CLASE.**

Fenotipo	Novillos			Vaquillas			Total	
	PPC (kg)	DE	N°	PPC (kg)	DE	N°	PPC (kg)	DE
HE	237,7 a	28,2	740	193,5 a	20,9	578	218,6 a	33,6
HC	237,3 a	27,5	1897	199,7 b	24,6	745	226,7 b	31,6
DP	238,7 a	27,4	1481	204,4 c	25,5	628	228,5 b	31,1
HF	237,4 a	29,5	724	192,4 a	24,7	99	232,0 c	32,5
AN	250,8 b	28,4	281	198,8 b	18,7	127	234,6 d	35,3
CV%	11,7			11,8			14,2	

PPC: Peso Promedio Canal. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas distintas, en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ). HE: Hereford, HC: Híbrido de Carne, DP: Doble Propósito, HF: Holstein Friesian, AN: Angus. CV%: Coeficiente de Variación porcentual.

Al agrupar los animales por fenotipo, sin diferencia de clase (cuadro 4.1.2), se observa que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para el peso de la canal caliente. Se puede observar que los animales del fenotipo Hereford obtuvieron el menor peso promedio, con 218,2 kg, mientras que el fenotipo Angus registró el mayor peso, con 234,6 kg. Al clasificar los animales por clase y fenotipo, se observa que en vaquillas (cuadro 4.1.2), el peso de la canal caliente registró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), siendo las vaquillas del fenotipo Doble Propósito las que alcanzaron el mayor peso promedio, con 204,4 kg, mientras que las Holstein Friesian obtuvieron el menor peso, con 192,4 kg. En el caso de los novillos, el fenotipo Angus fue el que presentó el mayor peso promedio de canal caliente con 250,8 kg y además, este fenotipo es el único que arrojó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) respecto de los demás.

Al analizar los fenotipos estudiados, sin considerar la clase (cuadro 4.1.2), los animales Hereford obtuvieron el menor peso promedio (218,3 kg), mientras que el mayor lo obtuvo el fenotipo Angus (234,6 kg), siendo menores a los obtenidos por otros autores, como PIZARRO (1997).

El menor peso de las canales, obtenido en este estudio, se puede asociar a la creciente demanda por consumir carnes con bajo nivel de grasa, las que provienen de animales jóvenes y con menor peso de beneficio, provocando, como se mencionó anteriormente, una mayor preocupación por evitar la sobre acumulación de grasa de los animales (GONZÁLEZ y col., 1991).

PORTE (1994c), al analizar canales de novillos y toretes, informaron pesos de canal caliente para novillos Hereford de 194,5 kg y 218,8 kg, en novillos de dientes de leche y dos dientes permanentes, respectivamente, inferior a los pesos de las razas Doble Propósito tales como Clavel Alemán, Holando-Europeo y Normando, cuyas canales registraron 279,4; 283,0 y 339,7 kg, respectivamente.

Para la clase novillos, sólo presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en el peso de la canal caliente, el fenotipo Angus respecto de los otros fenotipos, que presentaron pesos de canal caliente similares. Diferentes resultados obtuvieron LUENGO y MORALES (1999), quienes encontraron diferencias significativas entre los fenotipos Holstein Friesian, Overo Colorado y Hereford, registrándose pesos de canal caliente de 301,2 kg, 281,0 kg y 268,4 kg respectivamente.

En el cuadro 4.1.3 se presentan los resultados de los pesos promedios de las canales calientes para los diferentes fenotipos agrupados por tipificación, en donde se observa que la categoría de tipificación con el menor peso promedio fue la V, la cual también ocupó el mayor porcentaje de la faena con un 94,9%. Si agrupamos las canales por tipificación y fenotipo se puede observar que sólo en la categoría V hubo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), donde los animales del fenotipo Angus obtuvieron el mayor peso promedio, con 234,2 kg.

En la categoría de tipificación A, los pesos promedio de canal caliente no tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), al clasificarlos por fenotipo. Cabe destacar que el menor número de animales faenados en la categoría de tipificación A corresponde a los animales del fenotipo Angus y que además coincide con el mayor peso promedio.

### CUADRO 4.1.3

#### PESO DE LA CANAL CALIENTE DE LOS DIFERENTES FENOTIPOS SEPARADOS POR TIPIFICACIÓN

Categoría						
V				A		
Fenotipo	PPC (kg)	DE	N°	PPC (kg)	DE	N°
HE	217,3 a	32,9	1266	243,1 a	38,1	52
HC	226,0 b	31,1	2519	242,0 a	36,7	123
DP	227,6 b	30,6	1981	242,4 a	35,2	128
HF	231,4 c	31,9	773	239,8 a	38,9	50
AN	234,2 d	35,5	393	244,1 a	29,9	15
CV%	14,01			15,06		
Total	226,0 A		6932	242,1 B		368

PPC: Peso Promedio Canal. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ). Letras mayúsculas distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ). HE: Hereford, HC: Híbrido de Carne, DP: Doble Propósito, HF: Holstein Friesian, AN: Angus.

El mayor peso de canal caliente obtenido por las canales tipificadas A (cuadro 4.1.3), sin distinción de clase y fenotipo, puede deberse a que los bovinos tipificados en esta categoría en base a la cronométrica dentaria tienen mayor edad. Al respecto, PIZARRO (1997), al analizar el efecto del número de dientes sobre el peso de la canal caliente, obtuvo diferencias significativas, a medida que aumentó el número de dientes, aumentó la edad y se incrementó el peso de la canal. Al separar las canales por tipificación y fenotipo se observó que sólo se presentan diferencias en la categoría V, mientras que en la categoría A los pesos se homogeneizan, luego la tipificación no tuvo incidencia al momento de definir la calidad de carne PampaVerde®. Esto permite avalar los cambios

introducidos el año 2002 a la norma NCh1306. Of 15, en donde se funden ambas categorías.

Al agrupar los pesos de la canal caliente por conformación, como se aprecia en el cuadro 4.1.4, tanto en novillos como en vaquillas hubo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ). El peso promedio de la canal caliente aumentó al pasar de una categoría a otra.

#### CUADRO 4.1.4

##### PESO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN CONFORMACIÓN SEPARADOS POR CLASE

Conformación	Novillos			Vaquillas		
	PPC (kg)	DE	N°	PPC (kg)	DE	N°
Mala	216,3 a	29,8	116	175,5 a	25,6	37
Regular	234,7 b	27,1	2942	195,8 b	24,1	1393
Buena	245,2 c	27,7	2065	206,2 c	21,6	747
CV%	11,48			11,70		

PPC: Peso Promedio Canal. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas distintas, en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ).

Los valores registrados en el cuadro 4.1.4 difieren de los encontrados por LUENGO y CONCHA (1995), quienes no encontraron diferencias significativas al observar el efecto de la conformación sobre el peso de la canal caliente; los pesos promedio de canal caliente que obtuvieron en novillos para la conformación buena y regular fue de 280,1 kg y 266,1 kg, respectivamente, valores que se encuentran por sobre los observados en el cuadro 4.1.4 para igual tipo de conformación. En vaquillas los pesos promedio de la canal observados, por LUENGO y CONCHA (1995) fueron de 200,7 kg y 200,8 kg para canales con conformación buena y regular, respectivamente, valores que se aproximan a los que figuran en el cuadro 4.1.4.

Es importante destacar que la conformación fue evaluada sin considerar el fenotipo, y es sabido que éstas difieren en estado de gordura a una misma edad y por ende en peso (LUENGO y CONCHA, 1995). Las diferencias de pesos de canal en novillos (cuadro 4.1.4) y los pesos informados por LUENGO y CONCHA (1995), pueden deberse a la forma en que se determina la conformación (apreciación visual de la canal), pudiendo existir un efecto de subjetividad. Al respecto, ACUÑA y col. (1985) confirma que la conformación corresponde a una variable subjetiva, por entender que la persona que realiza la tarea lo hace a su modo de pensar o de sentir y no en relación al objeto en sí mismo.

En el cuadro 4.1.5 se presentan los pesos promedios de la canal según el área del ojo del lomo y separados por clase.

**CUADRO 4.1.5**

**PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN ÁREA DEL OJO DEL LOMO, SEPARADOS POR CLASE**

Novillos				Vaquillas			
AOL (cm <sup>2</sup> )	PPC (kg)	DE	N°	AOL (cm <sup>2</sup> )	PPC (kg)	DE	N°
< 35,42	213,0 a	28,3	492	< 30,36	178,8 a	19,6	178
35,42 – 40,48	228,6 b	24,5	1323	30,36 – 35,42	187,5 b	22,1	531
40,48 – 43,01	240,1 c	23,8	1976	35,42 – 37,95	199,4 c	20,4	823
> 43,01	255,6 d	25,7	1332	> 37,95	213,6 d	21,7	645
CV%	10,46				10,62		

AOL: Área del Ojo del Lomo. PPC: Peso Promedio Canal. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas distintas, en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ).

En vaquillas, las canales con área del ojo del lomo menor a 30,36 cm<sup>2</sup> (cuadro 4.1.5), fueron las que tuvieron menor peso promedio de la canal, por el contrario, las vaquillas con área del ojo del lomo mayor a 37,95 cm<sup>2</sup> alcanzaron el mayor peso promedio. VIDAL (1999) al estudiar el área del ojo del lomo en 30 canales de novillos Hereford, observó un área promedio de 47,06 cm<sup>2</sup>. Estos valores son menores que los obtenidos por PORTE y GODOY (1994), quienes registraron valores de área del ojo del lomo promedio

de 63,76 cm<sup>2</sup> para novillos Hereford. En general, en los resultados del cuadro 4.1.5 se puede observar que sí existen diferencias en el área del ojo del lomo. Los novillos obtuvieron mayor área del ojo del lomo que las vaquillas, lo que podría corresponder con el hecho de que los novillos tuvieron mayor peso vivo y de canal.

En el cuadro 4.1.6 se presentan los pesos promedios de la canal según grado de marmoleo y separados por clase.

**CUADRO 4.1.6**  
**PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN MARMOLEO,**  
**SEPARADOS POR CLASE**

Marmoleo	Novillos			Vaquillas		
	PPC (kg)	DE	N°	PPC kg	DE	N°
Grado 0	224,5 a	28,7	462	194,6 a	27,3	940
Grado 1	235,0 b	27,3	2692	196,2 a	23,3	919
Grado 2	245,8 c	33,9	1843	201,7 b	26,6	182
Grado 3	260,1 d	28,2	111	206,4 b	24,7	34
Grado 4	249,9 c	26,3	15	204,0 b	23,3	101
CV%	11,35			11,95		

PPC: Peso Promedio Canal. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas distintas, en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ).

A medida que aumentó el peso de la canal caliente, también aumentó el área del ojo del lomo, existiendo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en cada categoría (cuadro 4.1.5), tanto en novillos como en vaquillas. Resultados similares se observan en el cuadro 4.1.6, pues a medida que el peso de la canal caliente aumentó, también lo hizo el grado de marmoleo, mostrando diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $p < 0,05$ ) y manteniendo esta relación hasta el grado tres, dado que al pasar al grado cuatro el peso de la canal disminuyó. Del cuadro 4.1.6 se desprende también que, para novillos, el mayor número de animales se encuentra entre los grados de marmoleo 1 y 2 representando el 88,5%, mientras que para vaquillas, el 81,4% se agrupa entre los grados 0 y 1.

El sacrificio temprano también se ve reflejado en los parámetros área del ojo del lomo y marmoleo, en donde las vaquillas presentan menor área del ojo del lomo (cuadro 4.1.5) y menor grado de marmoleo (cuadro 4.1.6) que la clase novillos. Por otra parte, los menores pesos de canal obtenida en este estudio pueden atribuirse a la tendencia que existe actualmente en el país a sacrificar animales cada vez más jóvenes (GONZÁLEZ y col., 1991).

PORTE (1994a) explica que la velocidad de maduración del animal se relaciona con el depósito de tejido graso o marmoleado, el cual determina el acabado del animal para su sacrificio. Por lo tanto, la grasa pasa a ser un indicador comercial importante, ya que, de acuerdo con Porte, existe una relación inversa entre la grasa y la proporción de carne vendible que se obtiene al desposte de una canal bovina. En la misma línea, BERG y BUTTERFIELD, (1979) plantearon que después de llegar al punto óptimo de sacrificio del animal, la relación entre músculo y grasa se invierte.

Lo anterior concuerda con la información mostrada en el cuadro 4.1.6, donde al pasar del grado de marmoleo 3 al 4, tanto en novillos como en vaquillas, hay una disminución en el peso de la canal caliente.

En el cuadro 4.1.7 se presenta el índice de calidad de canales seleccionadas para la marca PampaVerde®, teniendo presente que este se obtuvo del sumatorio de los puntajes obtenidos de las canales bovinas de acuerdo a las variables tipificación, conformación, marmoleo, área del ojo del lomo y espesor de grasa dorsal. Esta variable permitió a la empresa definir calidad, ya que clasifica a las canales en “Corriente” y “Especial”, siendo esta última la que supera los 18 puntos y son éstas las canales que luego del despiece sus cortes son etiquetados como PampaVerde®.

El índice de calidad, presentado en el cuadro 4.1.7, muestra que en novillos, el mayor peso promedio de canal caliente fue de 270,7 kg y que corresponde a canales que obtuvieron 23 puntos, a diferencia de las canales que recibieron un índice de 18 puntos y que corresponde a un peso de 244,8 kg. En cambio en las vaquillas, en la medida que aumentó el peso de la canal caliente también aumentó el puntaje del índice de calidad. Es así como el menor peso promedio de la canal caliente fue de 203,3 kg con 18 puntos,

mientras las que obtuvieron el mayor peso promedio de 215,6 kg lograron el mayor índice (26 puntos).

#### CUADRO 4.1.7

#### PESO PROMEDIO DE LA CANAL CALIENTE SEGÚN ÍNDICE DE CALIDAD DE LA CARNE PAMPAVERDE®, SEPARADOS POR CLASE

Índice	Novillos			Vaquillas				
	Puntaje	PPC (kg)	DE	N°	PPC (kg)	DE	N°	
18	244,8	a	23,6	191	203,3	a	22,2	66
19	251,0	a	23,4	220	210,0	ab	22,4	38
20	249,1	a	27,0	544	206,6	ab	20,6	6
21	241,4	a	21,3	242	209,5	ab	27,3	77
22	267,0	c	25,1	82	208,9	ab	23,1	22
23	270,3	c	25,3	57	215,5	b	21,4	17
24	268,4	c	26,2	30	214,6	b	25,8	9
25	259,0	b	27,4	151	212,5	ab	20,8	8
26	258,1	b	23,4	174	215,6	b	19,8	66
CV%	9,88			10,6				

PPC: Peso Promedio Canal. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas distintas, en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, según Duncan ( $p < 0,05$ ).

Tanto en novillos como en vaquillas no existe una directa relación entre el índice de calidad y el peso promedio de canal caliente (cuadro 4.1.7). Es decir, a mayor peso promedio de la canal caliente no se obtiene necesariamente un mayor índice de calidad. Esto puede atribuirse a la subjetividad de la asignación de puntajes por la planta a la mayoría de las variables, además que algunas de ellas se miden mediante la apreciación visual de la canal.

En el cuadro N° 4.1.8 se presenta el Índice de Calidad de las canales seleccionadas como especiales (puntaje sobre 18) y agrupadas por fenotipo.

### CUADRO 4.1.8

#### INFLUENCIA DEL FENOTIPO SOBRE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE LA CARNE PAMPAVERDE®

Fenotipo	Novillos			Vaquillas		
	IC	DE	N°	IC	DE	N°
HE	21,23 a	2,54	245	21,15 a	2,50	189
HC	21,03 a	2,52	649	21,01 a	2,46	278
DP	21,07 a	2,44	493	21,48 a	2,67	231
HF	21,37 a	2,46	204	20,55 a	2,32	20
AN	21,13 a	2,49	100	20,90 a	2,35	49

IC: Índice de Calidad. DE: Desviación Estándar. N°: Número de Canales. Letras minúsculas iguales en sentido vertical indican que no existen diferencias estadísticas significativas, según ANDEVA No paramétrica de Kruskal-Wallis ( $p > 0,05$ ). HE: Hereford, HC: Híbrido de Carne, DP: Doble Propósito, HF: Holstein Friesian, AN: Angus.

En el cuadro 4.1.8 se observa que no existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre las canales seleccionadas como especiales al agruparlas por fenotipo, lo que sugeriría que no existe incidencia del fenotipo en el índice de calidad para ninguna de las dos clases. Es posible mencionar entonces que el índice de calidad establecido por Carnes Ñuble para seleccionar las canales que forman parte de PampaVerde®, no está influenciado por el fenotipo de los animales (cuadro 4.1.8). Esto podría deberse a que los animales son sacrificados a temprana edad y lo que marcaría la selección serían las otras variables.

Del total de la masa ganadera estudiada sólo el 33,7% de los animales clasificó para formar parte de las canales que abastecen a la marca PampaVerde®. Esto podría deberse a la alta heterogeneidad de los animales adquiridos, provenientes de diferentes sistemas productivos, fenotipo y clase, lo que podría estar complementado con una selección deficiente en los animales, basada en la percepción visual de los seleccionadores.

En los cuadros 4.1.9 y 4.1.10 se muestran los pesos promedios, la desviación estándar y entre paréntesis el número de canales que obtienen el puntaje asignado por la planta, agrupados por clase y fenotipo.

**CUADRO 4.1.9**

**DISTRIBUCIÓN DEL PESO DE CANAL CALIENTE PARA NOVILLOS,  
AGRUPADOS POR ESPESOR DE GRASA DORSAL Y FENOTIPO**

Fenotipo	Puntaje			
	-8	0	1	4
HE	252,40±36,09 (5)	231,58±29,01 (215)	246,47±25,58 (87)	238,85±27,66 (433)
HC	278,67±29,94 (6)	228,71±29,01 (533)	245,17±27,18 (196)	239,80±26,21 (1163)
DP	245,80±22,12 (5)	231,45±28,05 (462)	248,87±30,63 (155)	240,74±27,04 (859)
HF	0 (0)	228,61±29,29 (267)	244,50±24,87 (34)	242,29±28,74 (423)
AN	258,50±4,95 (2)	240,60±33,64 (45)	258,64±25,02 (90)	248,93±27,70 (144)

HE: Hereford, HC: Híbrido de Carne, DP: Doble Propósito, HF: Holstein Friesian, AN: Angus. Los números entre paréntesis indican el Número de Canales

Del total de la masa ganadera utilizada en este estudio, al agrupar los animales por clase y fenotipo, se obtiene que para novillos clasifican para PampaVerde® entre un 28 y 35% de ellos, en cambio para vaquillas el porcentaje varió entre 10 y 14%, excepto para el fenotipo Holstein Friesian donde sólo clasificó un 2% (cuadros 4.1.2 y 4.1.8).

**CUADRO 4.1.10**

**DISTRIBUCIÓN DEL PESO DE CANAL CALIENTE PARA VAQUILLAS,  
AGRUPADOS POR ESPESOR DE GRASA DORSAL Y FENOTIPO**

Fenotipo	Puntaje			
	-8	0	1	4
HE	201,38±16,45 (8)	196,07±21,86 (106)	141,01±20,47 (183)	193,99±20,73 (281)
HC	222,83±33,09 (9)	197,24±23,97 (145)	201,43±23,13 (193)	199,24±24,04 (398)
DP	225,50±19,84 (4)	203,12±24,39 (184)	207,35±29,55 (108)	203,93±24,72 (332)
HF	211,01 (1)	189,75±24,61 (32)	195,75±29,24 (20)	192,39±23,06 (46)
AN	0 (0)	198,16±15,23 (19)	200,84±18,90 (32)	197,92±19,55 (75)

HE: Hereford, HC: Híbrido de Carne, DP: Doble Propósito, HF: Holstein Friesian, AN: Angus. Los números entre paréntesis indican el Número de Canales

Del análisis descriptivo se puede inferir que, para las categorías de los animales faenados en la planta faenadora Carnes Ñuble S. A., se pudo apreciar un mayor beneficio de NOV, independiente del fenotipo (cuadro 4.1.1). El ganado faenado correspondió principalmente a HC seguido por DP (cuadro 4.1.2), los que en sumatoria representaron el 65% del total de animales, y tan sólo un 24% de ellos correspondieron a fenotipos asociados a razas de carne. Al analizar los resultados por fenotipos de los animales faenados, se puede apreciar la poca especialización que existe de la producción de carne. El fenotipo HE es el principal representante de las razas especializadas en carne (cuadro 4.1.2), ocupando el 55% de la masa ganadera de aptitud cárnica. El resto está constituido por HC y por el fenotipo AN, teniendo este último una participación creciente en los predios ganaderos (ANRIQUE, 1993; NAVARRO, 2001).

Los pesos vivos promedios (Media  $\pm$  DE) tanto para NOV como para VAQ, correspondiendo a  $441 \pm 49$  y  $367 \pm 38$  kg, respectivamente (cuadro 4.1.1). El peso promedio de las canales de NOV y VAQ fue de  $238,6 \pm 28,0$  y  $199,0 \pm 24,9$  kg, respectivamente (cuadro 4.1.1). TRONCOSO (1982) y GONZÁLEZ y col. (1991) indican que el peso promedio de las canales de VAQ es un 17% menor que el de las de NOV, lo que concuerda con los resultados encontrados en este estudio, donde el peso promedio de las canales para VAQ fue un 16,7% inferior al de los NOV. El menor peso de las canales, obtenido en este estudio, se puede asociar a la creciente demanda por consumir carnes con bajo contenido de grasa, las que provienen de animales jóvenes y con menor peso de beneficio, provocando una mayor preocupación por evitar el exceso de grasa en los animales (GONZÁLEZ y col., 1991).

El exceso de grasa, está siendo castigado en el precio a nivel de las transacciones comerciales, lo que se puede observar en los puntajes entregados a las distintas variables por la planta.

El rendimiento centesimal de NOV y VAQ fue de un 54 y 52% respectivamente, con una desviación estándar de un 2% para ambos casos (cuadro 4.1.1).

En el cuadro 4.1.11 se presenta la matriz de correlación entre las variables tipificación (TIP), conformación (CON), marmoleo (MAR), área del ojo del lomo (AOL) y espesor de grasa dorsal (EGD), cuya sumatoria de puntajes genera el índice de calidad (IC) y que permiten clasificar las canales en corriente y especial.

El IC presentó mayores coeficientes de correlación con las variables marmoleo (MAR), área del ojo del lomo (AOL) y espesor de grasa dorsal (EGD), siendo ellas significativas ( $P < 0,01$ ) (cuadro 4.1.11). La variable tipificación presentó coeficientes de correlación mayores con MAR, AOL y EGD. Este último índice de correlación positivo podría deberse al hecho de que el grupo de animales que formó parte de este estudio presentó características homogéneas, como, por ejemplo, animales tipificados “V” en un 95 %, con conformación buena a regular un 98 % y un grado de marmoleo 2 a 3 en un 87 %.

#### CUADRO 4.1.11

**MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES:  
TIPIFICACIÓN (TIP), CONFORMACIÓN (CONF), MARMOREO (MAR),  
ESPESOR DE GRASA DORSAL (EGD) Y PUNTAJE DE PLANTA (IC)**

	<b>TIP</b>	<b>CONF</b>	<b>MAR</b>	<b>AOL</b>	<b>EGD</b>	<b>IC</b>
<b>TIP</b>	1	0,57*	0,50*	0,46*	0,53*	0,42*
<b>CONF</b>		1	0,26	0,39*	0,27	0,39*
<b>MAR</b>			1	0,17	0,35	0,69**
<b>AOL</b>				1	0,21	0,68**
<b>EGD</b>					1	0,53**
<b>IC</b>						1

\* Indica correlación significativa ( $P < 0,05$ ). \*\* Indica correlación significativa ( $P < 0,01$ ).  
TIP: Tipificación. CONF: Conformación. MAR: Marmoleo. AOL: Área del Ojo del Lomo.  
EGD: Espesor de Grasa Dorsal. IC: Índice de Calidad.

Del análisis de correlación se pueden inferir cuáles son las variables que más influyen en el índice de calidad (IC) que condiciona que la canal sea clasificada como especial. Por tanto, las variables MAR, AOL y EGD presentaron un coeficiente de correlación altamente significativo ( $P < 0,01$ ) y por lo tanto, se utilizaron para generar los modelos de regresión.

En el cuadro 4.1.12 se presentan los ocho modelos generados por el total de los animales (1), por clase (2) y por fenotipo (5).

Los modelos presentados en el cuadro 4.1.12 son capaces de explicar entre un 96 y 99% de la variación del índice de calidad, a partir de las variables explicativas que corresponden a marmoleo, área del ojo del lomo y espesor de grasa dorsal. Lo anterior concuerda con lo planteado por YANG y colaboradores (2006) que indican que las variables marmoleo y espesor de grasa dorsal le imprimen sabor, jugosidad y terniza a la carne.

#### CUADRO 4.1.12

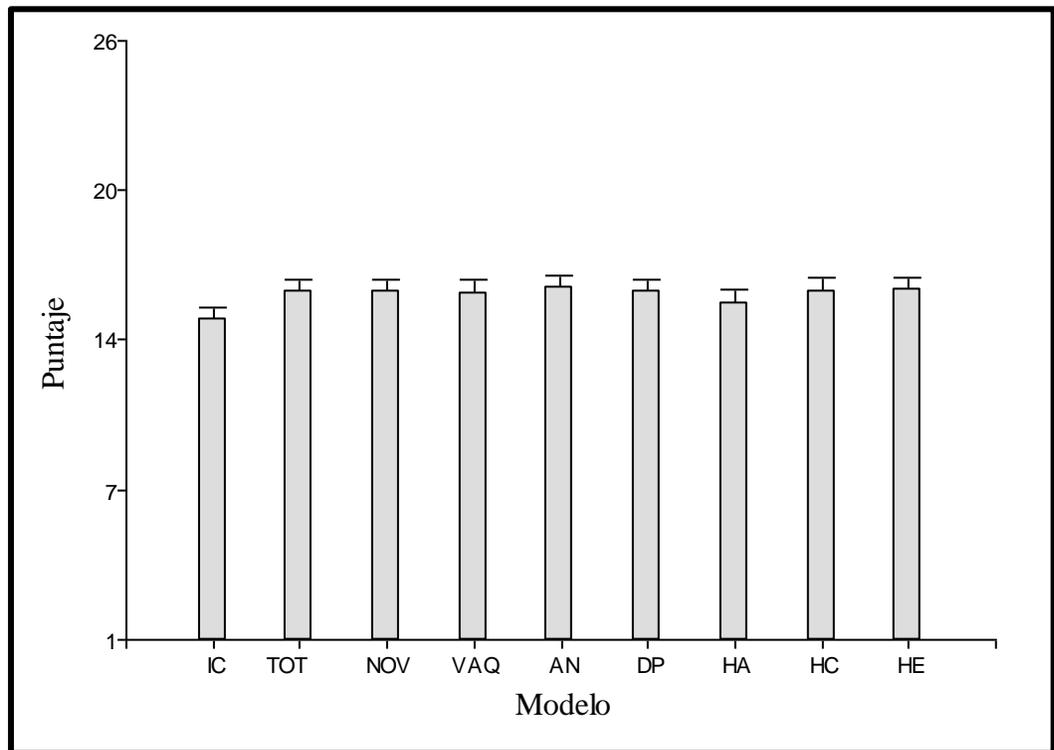
### MODELOS PARA PREDECIR EL ÍNDICE DE CALIDAD GENERADOS POR EL TOTAL DE ANIMALES, CLASE Y FENOTIPO

NOMBRE	MODELO	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>
TOT	IC = 5,10 + 1,00MARM + 1,05AOL + 1,02EGD	0,99
NOV	IC = 5,08 + 0,99MARM + 1,06AOL + 1,03EGD	0,98
VAQ	IC = 5,12 + 1,00MARM + 1,05AOL + 0,99EGD	0,99
AN	IC = 5,44 + 0,99MARM + 1,03AOL + 0,98EGD	0,99
DP	IC = 5,16 + 0,99MARM + 1,05AOL + 1,01EGD	0,98
HF	IC = 4,60 + 1,00MARM + 1,07AOL + 1,08EGD	0,96
HC	IC = 5,15 + 1,00MARM + 1,05AOL + 1,01EGD	0,97
HE	IC = 5,22 + 1,00MARM + 1,05AOL + 1,00EGD	0,99

TOT: Total de animales. NOV: Novillos. VAQ: Vaquillas. AN: Angus. DP: Doble Propósito. HF: Holstein Friesian. HC: Híbrido de Carne HE: Hereford. MARM: Marmoleo. AOL: Área del Ojo del Lomo. EGD: Espesor de Grasa Dorsal. IC: Índice de Calidad.

En el gráfico 4.1.1 se muestran los resultados de comparar los índices de calidad generados por los ocho modelos del cuadro 4.1.12. Para ello, en los modelos se ingresaron los registros de 100 animales, no utilizados en la generación de ellos, para luego comparar los índices de calidad resultantes por medio de un análisis de varianza, no encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,05$ ) entre ellos.

**GRÁFICO 4.1.1**  
**COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD GENERADOS POR LOS**  
**MODELOS DEL CUADRO 4.1.12**



TOT: Total de animales. NOV: Novillos. VAQ: Vaquillas. AN: Angus. DP: Doble Propósito. HF: Holstein Friesian. HC: Híbrido de Carne HE: Hereford. MARM: Marmoleo. AOL: Área del Ojo del Lomo. EGD: Espesor de Grasa Dorsal. IC: Índice de Calidad.

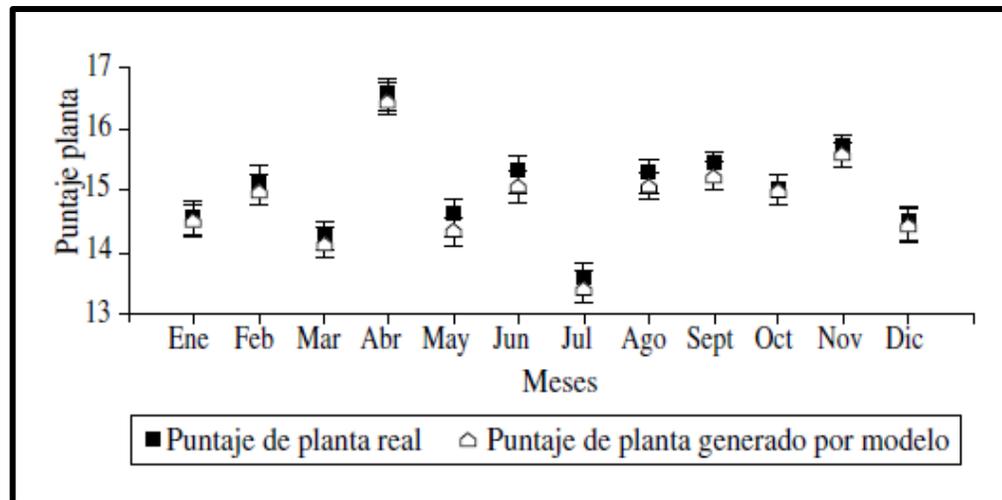
Como el del análisis de varianza que estableció que no existe diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) entre ellos, luego para la validación del modelo se utilizó la ecuación generada para la masa bovina total y que correspondió a:

$$IC = 5,10 + 1,00MAR + 1,05AOL + 1,02EGD$$

En el gráfico 4.1.2 se observa la comparación entre el promedio y la desviación estándar mensual del IC generado por el modelo versus el puntaje real obtenido de las planillas oficiales de registro de la planta del año 2002, donde se observa que el rango de error presentado por el modelo es mínimo frente al puntaje real.

### GRÁFICO 4.1.2

#### COMPARACIÓN DEL PROMEDIO Y DESVIACIONES ESTÁNDAR MENSUALES DEL PUNTAJE DE PLANTA GENERADO POR LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN VERSUS EL PUNTAJE REAL OBTENIDO DE LAS PLANILLAS DE REGISTRO DEL AÑO 2002



En la evaluación del modelo propuesto para predecir el índice de calidad, que representa la calidad de carne PampaVerde®, al aplicarse la prueba de exactitud de Freese, con error máximo de predicción de un 15 %, se obtuvo un valor de  $X^2 = 56,2$ , el cual se comparó con el valor tabular de  $X^2_{(99; 0,05)} = 123,22$ , lo que permite validar la capacidad predictiva del modelo.

Si a las variables MAR, AOL y EGD se les cambiara el puntaje asignado en función de las preferencias de consumidores de otros mercados, podría predecirse qué porcentaje de animales podría ser comercializado en ese mercado particular. Además, la identificación de las variables que más influyen en la calidad de carne lleva a pensar que sería posible, aplicando tecnologías, poder medir estas variables *ante mortem*, lo que permitiría al productor o a los compradores de ganado tener una estimación de la calidad de la carne que producirían esos animales.

Dado que el modelo propuesto según la prueba de exactitud de Freese permite predecir el IC, es que sería válido determinar las variables MAR, AOL y EGD para predecir si el animal faenado puede ser comercializado como carne especial.

En conclusión, es posible predecir el IC de carne especial bovina utilizando un modelo matemático.

#### **4.2 ETAPA II “Modelos predictivos de niveles de marmorización en novillos mestizos Wagyu generados por ultrasonografía y tratamiento de imágenes”.**

En esta segunda etapa se utilizaron un total de 300 machos castrados (novillos) producto de la cruce F1 Wagyu x Hereford y Wagyu x Angus, que para los efectos de este estudio llamaremos “Tipo Wagyu”, en manejo estabulado, con alimentación en base a ensilaje de maíz (*Zea mays*) y concentrados.

Las mediciones *ante mortem* se realizaron en la explotación ganadera, Agrícola Mollendo, ubicada camino a Luanco km 2, Los Ángeles, Región del Biobío, (Chile).

De los 300 vacunos evaluados *in vivo*, 80 que alcanzaron el criterio de faena (peso, edad y conformación), fueron sacrificados en el Frigorífico O’Higgins S.A., camino a Melipilla 8139, Comuna de Cerrillos, Región Metropolitana (Chile).

En el cuadro 4.2.1 se muestra la calificación, utilizando la escala japonesa Beef Marbling Satandars (BMS) y el grado de calidad entregada por los certificadores de CERTILAB (CERTILAB, 2011), en donde se observa que el 72,5 % de los bovinos faenados (58) lograron la categoría que exige el sistema de comercialización, en donde se establece que como mínimo el grado de calidad 4 y un BMS 5 para cada canal. La mayor concentración de animales estuvo entre los valores 6 y 7 de BMS, que equivalen a calidad grado 4, mientras que el grado de calidad 5 (el más alto) sólo fue obtenido por el 20 % de los vacunos correspondiendo a un BMS 8 y 9 (cuadro 4.2.1). Se observa que ningún animal alcanzó calificaciones sobre 9, esto podría atribuirse a que se trabajó con animales mestizos (bovinos F1 Wagyu x Hereford y Wagyu x Angus) (cuadro 4.2.1).

**CUADRO 4.2.1**  
**PORCENTAJE DE ANIMALES DENTRO DE LAS CATEGORIAS DE**  
**MARMOLEO BMS EVALUADAS EN FRIGORÍFICO O´HIGGINS S.A. (FRIOSA)**  
**(N=80)**

BMS	Grado de calidad	N° animales	% animales	% por rango*
1	1	0	0,00%	
2	2	0	0,00%	
3	3	3	1,82%	27,5%
4	3	5	5,45%	
5	4	14	18,18%	
6	4	20	23,64%	
7	4	22	29,09%	
8	5	9	12,73%	
9	5	7	9,09%	72,5%
10	5	0	0,00%	
11	5	0	0,00%	
12	5	0	0,00%	

\* La separación por rango, se refiere a las canales que logran la calificación de calidad para su comercialización. BMS: Beef Marbling standars.

En el cuadro 4.2.2 se muestran los cinco mejores modelos generados con la información de 50 animales (análisis de regresión múltiple). Con los datos de los siguientes 20 animales faenados se construyó una matriz correspondiente a la evaluación de la información de este grupo de vacunos en cada modelo, se generó una matriz en donde aparecen los cinco modelos (como tratamientos) con 20 repeticiones. La información generada se sometió a análisis de varianza no paramétrico (KRUSKAL y WALLIS, 1952), no existiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $P>0,05$ ), lo que permitió determinar que se puede utilizar cualquiera de los modelos para la evaluación.

Como entre los cinco modelos no se encontraron diferencias significativas se adoptó el criterio de simplicidad para escoger y validar la predicción de BMS, utilizando el modelo 5:  $BMS=5,42+1,58NSC\_G1$ .

#### CUADRO 4.2.2

#### MODELOS DE REGRESIÓN PARA PREDECIR EL GRADO DE MARMOLEO BMS EN BOVINOS MESTIZOS (bovinos F1 Wagyu x Hereford y Wagyu x Angus)

Modelo	Ecuación	CME
1	$BMS=10,23-3,68NSC\_G1-6,4NSC\_G2+9,12NSC\_G3+0,0004PV$	1,92
2	$BMS=10,64-3,69NSC\_G1-6,49NSC\_G2+9,29NSC\_G3$	1,89
3	$BMS=5,06+1,87NSC\_G1+4,90NSC\_G3$	1,91
4	$BMS=6,99-2,38NSC\_G2+6,69NSC\_G3$	1,88
5	$BMS=5,42+1,58NSC\_G1$	1,93

BMS: beef marbling standards. PV: peso vivo, CME: cuadrado medio del error.

NSC\_G1: Escores Normales de pixeles del grupo G1. NSC\_G2: Escores Normales de pixeles del grupo G2. NSC\_G3: Escores Normales de pixeles del grupo G3

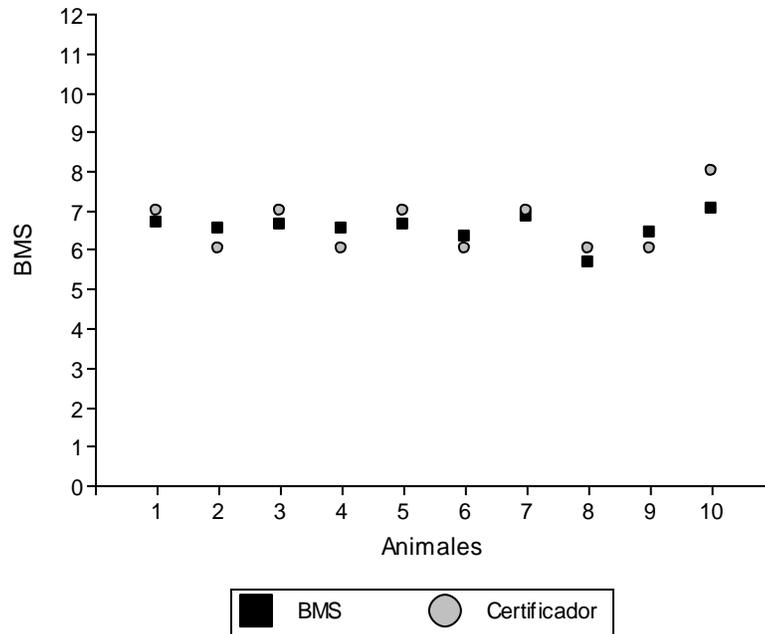
Este modelo se evaluó con los datos de los restantes 10 bovinos faenados, sin detectar diferencias estadísticas significativas según prueba de Wilcoxon (WILCOXON, 1945) ( $P>0,05$ ) entre la calificación de BMS establecida por los certificadores durante la faena y los valores predichos por el modelo (cuadro 4.2.3).

Al ser sometido el modelo 5 al procedimiento de validación propuesto por Freese (FREESE, 1960) con un máximo de error admisible en la predicción de un 15%, se obtiene un valor de 16,14 que es menor al valor tabular de 16,92 que se obtiene de la distribución  $\chi^2$  con 9 grados de libertad y un 95% de significancia.

El resultado anterior muestra que el modelo es capaz de predecir el grado de marmoleo o BMS con un error límite de un 15%, entre los valores pronosticados por el modelo y los reales, en el 95% de los casos. Además, relaciona directamente al grupo G1 como mayor predictor de BMS en el animal (gráfico 4.2.1).

**GRAFICO 4.2.1**

**COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DEL GRADO DE MARMOLEO BMS *IN VIVO* DEL MODELO CINCO Y EL GRADO DE MARMOLEO BMS DETERMINADO POR LOS CERTIFICADORES EN LAS CANALES**



El BMS predicho por el modelo sobreestima el BMS del animal asignado por los certificadores debido posiblemente a que el modelo entrega resultados en una escala continua, pues es una función de variable real, en cambio el certificador evalúa en una escala discreta. Situación opuesta fue la reportada por WERTZ (WERTZ y col., 2002) quienes tomaron imágenes de ultrasonografía en vaquillas Wagyu y Angus, procesando las imágenes computacionalmente y proponiendo ecuaciones predictivas que subestimaron los valores de marmoleo registrados en faena y por extracción lipídica.

### CUADRO 4.2.3

#### COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DEL GRADO DE MARMOLEO BMS *IN VIVO* DEL MODELO CINCO Y EL GRADO DE MARMOLEO BMS (JMGA, 1988) DETERMINADO POR LOS CERTIFICADORES EN LAS CANALES

		ANIMALES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BMS	CERTIFICADOR	7	6	7	6	7	6	7	6	6	8
	MODELO	6,80	6,61	6,72	6,63	6,52	6,28	6,91	5,83	6,31	7,58

BMS: beef marbling standards.

Wilson (WILSON y col., 1998) propuso que los sesgos en la predicción de grasa intramuscular deberían originarse por limitaciones de las ecuaciones de predicción, variaciones en los equipos y errores de los técnicos.

HASSEN y colaboradores (1999) suman el número de imágenes tomadas por animal en cada periodo de evaluación a las causas de sesgo en la predicción, sin mencionar cual sería el número óptimo.

En el estudio actual se tomaron tres imágenes por animal, que fueron procesadas en conjunto, se promediaron, para dar origen a los datos utilizados para predecir el grado de marmoleo, minimizando así la causa de sesgo propuesta por HASSEN (HASSEN y col., 1999).

En tanto, PERKINS y colaboradores (1992) definieron algunas limitaciones para la aplicación de la técnica de la ultrasonografía en la evaluación de canales. Entre estas limitantes están: i) las diferencias entre animales, ii) cambios en los tejidos durante la faena, iii) interpretación de los técnicos y iv) manipulación de los ecógrafos.

En el caso del estudio desarrollado en Chile, se ha limitado la participación de los técnicos en el análisis del grado de infiltración de la grasa y sólo se recurrió a su apoyo para

la correcta localización del espacio intercostal entre la 12ª y 13ª costilla y uso del transductor.

Por otro lado, Kahi e Hirooka (2005) utilizaron ultrasonografía para determinar las características de la canal *in vivo* de ganado Wagyu para evaluar el efecto de esquemas de cruzamientos de razas según rasgos de la canal y/o reproductivos. Estos autores consideraron la herramienta de ultrasonografía como óptima para la obtención de datos *in vivo*, por la alta correlación que tiene con los rasgos de la canal y que se fundamenta en dos estudios anteriores (KEMP y col., 2002; REVERTER y col., 2000).

Por último, se han evaluado otras técnicas mediante imágenes para la medición de marmoleo como la descrita por YANG y colaboradores (2006), que consiste en la toma de muestras de tejido desde el músculo a nivel de la 12ª costilla, que son posteriormente fijadas en formaldehído para luego ser teñidas y obtener contraste entre la grasa, el tejido conectivo y el músculo. La información es analizada computacionalmente por diferencia de colores y permite así determinar las vetas de marmoleo, las proporciones del área de marmoleo y el largo de las vetas de marmoleo. Esta técnica permitió desarrollar un estudio más preciso sobre el mecanismo mediante el cual se desarrolla el marmoleo en el músculo, no obstante, no permite una evaluación o predicción del marmoleo en animales vivos, pero deja abierta la brecha de estudio al señalar que dentro de la misma sección de músculo hay diferencias entre los tamaños de las vetas de marmoleo y sus localizaciones.

El desarrollo del trabajo permitió concluir que mediante modelación matemática, ultrasonido y tratamiento computacional de imágenes se puede estimar *in vivo*, con un alto poder predictivo, el grado de marmoleo en bovinos.

#### **4.3 ETAPA III “Estimación del área del ojo del lomo total *in vivo* y rendimiento al desposte de bovinos destinados a un mercado exigente”**

El rendimiento en canal caliente (relación porcentual existente entre el peso vivo y el peso de la canal en caliente) de los animales seleccionados para carnes de categoría *Premium* varía entre un 52 a 55%, según lo determinado en la ETAPA I. De acuerdo a ello, el peso vivo promedio estimado para los 212 novillos varió entre 470,6 y 445,0 kg.

Para lograr una aproximación del AOLT a partir del área de la elipse,  $A = ab\pi$  se obtuvieron datos de profundidad (b) y ancho (a) del ojo del lomo total (AOLT) medidos con pie de metro en las medias canales, luego del cuarteo, en frío y antes del desposte.

### CUADRO 4.3.1

#### MEDIDAS DE RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES DEL ESTUDIO. MEDIAS, DESVIACIONES ESTÁNDAR (DE), VALORES MÍNIMOS (MIN), MÁXIMOS (MAX) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV%)

Variables	N	Media	DE	Min	Max	CV%
PCC Canal Izquierda (kg)	212	122,42	19,10	86,00	196,00	15,60
PCC Canal Derecha (kg)	212	122,34	18,70	82,00	191,00	15,29
a Canal Izquierda	150	13,07	0,89	10,01	15,29	6,80
a Canal Derecha	150	12,99	0,93	10,44	15,34	7,16
b Canal Izquierda	150	11,16	1,18	7,11	14,45	10,57
b Canal Derecha	150	11,10	1,26	7,77	14,78	11,35
GC (cm)	74	0,970	0,091	0,826	1,170	9,37
AOLT (cm <sup>2</sup> )	74	82,23	24,80	95,32	116,15	30,16
PV (kg)	74	456,73	43,90	315,00	563,00	9,61
G1	666	0,710	0,196	0,113	0,989	27,61
G2	666	0,260	0,179	0,008	0,764	68,94
G3	666	0,003	0,030	0,002	0,136	101,31

**PCC:** Peso en caliente de medias canales. a: Ancho (cm); b: Profundidad (cm). **GC:** Grasa de cobertura; **AOLT:** Área del Ojo del Lomo Total; **PV:** Peso Vivo; **Desv. Est.:** Desviación Estándar; **CV%:** Coeficiente de Variación Porcentual; **G1, G2 y G3:** agrupación de pixeles por imagen, que corresponde al promedio de las 3 muestras por animal con tres repeticiones.

El cuadro 4.3.1 muestra las medias, DE, Min y Max de las 150 canales expresadas como media canal derecha e izquierda. Se obtuvo un valor “a” promedio de  $12,99 \pm 0,93$  cm y un valor “b” promedio de  $11,10 \pm 1,26$  cm para la media canal derecha y un valor “a” promedio de  $13,07 \pm 0,89$  cm y un valor “b” de  $11,16 \pm 1,18$  cm para la media canal izquierda, lo que permite calcular la razón R para ambas canales y cuyos valores son  $1,17 \pm$

0,07 para la media canal derecha y  $1,17 \pm 0,08$  para la media canal izquierda. Con dichos valores fue posible construir los siguientes modelos para realizar la aproximación del AOLT:

$$AOLT_{\text{Canal Derecha}} = 10,29b_{\text{Canal Derecha}} \quad AOLT_{\text{Canal Izquierda}} = 10,27b_{\text{Canal Izquierda}}$$

En el cuadro 4.3.2, se muestran los resultados del análisis de varianza entre el AOLT estimado a partir de los modelos y el calculado por la planta faenadora. Se observa que no existen diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,05$ ) entre los modelos y la medición realizada por la planta, lo cual permite concluir que es indistinto las medias canales (izquierda o derecha) que se utilice para estimar el AOLT.

**CUADRO 4.3.2**  
**COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PARA ESTIMAR EL AOLT (cm<sup>2</sup>) POR**  
**CANAL DERECHA E IZQUIERDA Y EL MEDIDO POR LA PLANTA**  
**FAENADORA DE ACUERDO AL MÉTODO PROPUESTO POR PORTE (PORTE**  
**Y GODOY, 1994)**

Modelo	AOLT (cm <sup>2</sup> )	N
MODELO AOLT <sub>canal izquierda</sub>	114,65 a	62
MODELO AOLT <sub>canal derecha</sub>	114,52 a	62
PLANTA	113,80 a	62
CV %	12,09	

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), según Duncan.

Para la generación de los modelos de rendimiento al desposte se trabajó con un grupo homogéneo en peso y conformación de 74 vacunos productores de carne, seleccionados para mercado nacional *Premium*. Las medidas de resumen se muestran en el cuadro 4.3.1, donde los coeficientes de variación porcentual más bajos corresponden a GC 9,37 y de 9,61 % para el PV, lo que indica la homogeneidad de los animales. Las variables con mayor variación fueron AOLT con un 30,16%, G2 y G3 con CV% sobre el 40%, destacando G3 sobrepasando el 100%. La variación encontrada en G2 y G3, puede deberse a que presentan valores numéricos bajos, por lo cual los datos empleados en el análisis estadístico fueron transformados a escores normales (NSC\_) (BALZARINI, 2008).

La variable grasa de cobertura tiene una relación inversa con el rendimiento de los cortes (FORREST y col., 1979), ya que al aumentar la capa de grasa depositada sobre el músculo *Longissimus*, el rendimiento general de los cortes disminuye (HUERTA, 2002). Por ello, el espesor de grasa en el lomo es la medida corporal que más se asocia negativamente al rendimiento en cortes magros. A pesar de ello, es deseable una delgada capa de grasa porque sirve de envoltorio natural de la canal y sus cortes debido a que previene su desecación y mermas, protegiendo al músculo frente a microorganismos y disminuyendo el encogimiento de los cortes al ser expuestos a temperaturas extremas (HUERTA, 2002).

Por cada corte se generaron cinco ecuaciones capaces de predecir el rendimiento (kg) utilizando datos de 50 animales.

Al reemplazar los datos de los 24 animales restantes en los modelos seleccionados en la etapa anterior (5 por corte) y al realizar el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis (KRUSKAL y WALLIS, 1952) a los cinco modelos por corte, se concluye que no existen diferencias estadísticas significativas entre los modelos ( $P > 0,05$ ) para cada corte, estando los pesos de cada corte dentro de los rangos reportados por KLEE (KLEE, 2006).

Al no existir diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,05$ ), se eligió un modelo por cada corte incluyendo las variables que influyen en el rendimiento al desposte (AOLT, GC, Peso Vivo) (ABRAHAM y col., 1980; ATENCIO-VALLADARES y col., 2008; CROUSE y col., 1975; CROUSE J. D. y DIKEMAN M.E., 1976; HAMLIN y col., 1995 y PORTE, 1994b), minimizando la incorporación de los componentes del músculo; G1, G2 y G3.

De acuerdo a MACNEILL (MACNEILL, 1983) la ecuación que mejor predice la variable dependiente es aquel modelo con mayor valor de  $R^2_{aj}$ , y menor CME, aunado al sentido práctico de la selección, con base en el número de variables involucradas.

En el cuadro 4.3.3, se muestran los modelos seleccionados por corte y sus correspondientes estadísticos. Los valores de los coeficientes de regresión ajustado ( $R^2_{aj}$ )

indican que la ecuaciones seleccionadas en la segunda etapa explican un 98 y 99 % el peso de los cortes, valores altamente significativos ( $P < 0,01$ ).

**CUADRO 4.3.3**  
**ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE Y ESTADÍSTICOS DE PRUEBA PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO AL DESPOSTE DE LOS CORTES; LOMO LISO, LOMO VETADO, POSTA NEGRA, FILETE Y POSTA ROSADA**

Corte (kg)	Ecuación	$R^2_{aj}$	CMError
L. Liso	$-0,01+0,02PV-0,002NSC\_GC+0,000014AOLT$	0,99	4,2E-05
L. Vetado	$-0,04+0,01PV+0,000055AOLT-0,00088NSC\_GC-0,00048NSC\_G3$	0,99	1,3E-05
P. Negra	$-0,04+0,03PV-0,0042NSC\_GC+0,00015AOLT$	0,98	9,6E-05
Filete	$0,0012+0,01PV-0,0014NSC\_GC-0,00047NSC\_G2$	0,99	1,3E-05
P. Rosada	$-0,04+0,02PV-0,0021NSC\_GC+0,000062AOLT$	0,98	3,7E-05

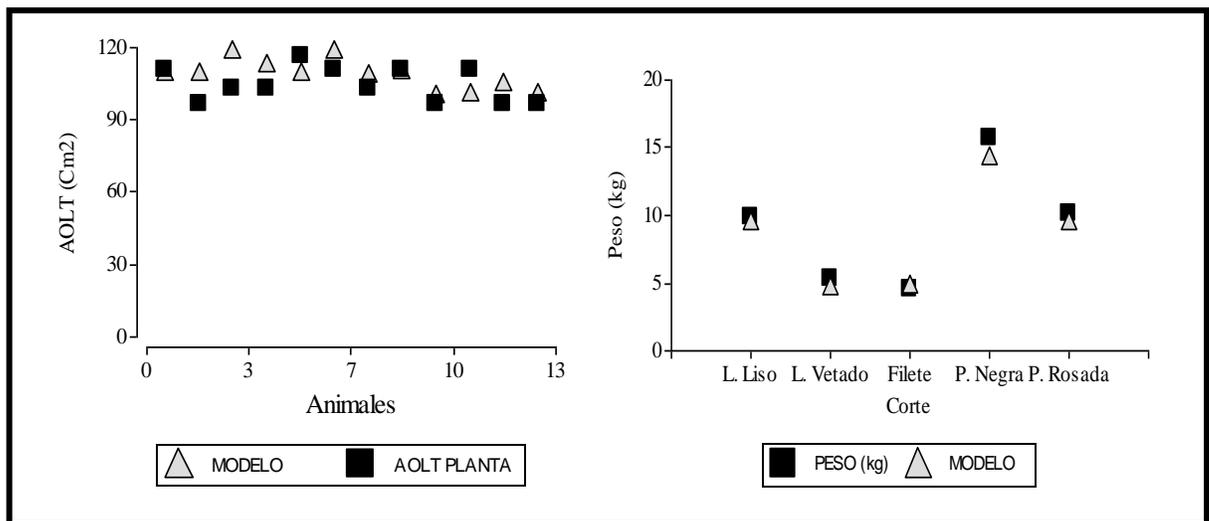
L. Liso: Lomo Liso, L. Vetado.: Lomo Vetado, P. Negra.: Posta Negra, P. Rosada.: Posta Rosada, AOLT: Área del Ojo del Lomo Total. GC: grasa de cobertura, NSC\_G1, NSC\_G2 y NSC\_G3, componentes del músculo,  $R^2_{aj}$ : Coeficiente de Regresión Ajustado. CME: Cuadrado medio del error.

Las variables incluidas en los modelos presentados fueron medidos con el equipo ecográfico, en una sola imagen. Los valores de los estadísticos indican que los modelos permiten realizar una buena estimación del peso de los cortes evaluados.

En el gráfico 4.3.1 (a) se observan los valores del AOLT medidos por la planta faenadora, a través del método propuesto por PORTE (PORTE y GODOY, 1994) y los predichos por el modelo. Al realizar la prueba de Wilcoxon (FAGERLAND y SANDVIK, 2009), se demuestra que no existen diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre ellos. Por lo tanto, es posible entonces obtener, a través de ecuaciones de predicción, valores estimativos confiables de cantidad de carne total de la canal, demostrando que usando ecuaciones de

predicción con variables medidas en el animal *in vivo*, se puede llegar a conocer con un alto grado de exactitud el rendimiento al desposte de la misma.

**GRÁFICO 4.3.1**  
**COMPARACIÓN DEL AOLT (cm<sup>2</sup>) PREDICHO POR EL MODELO Y LA MEDICIÓN DE LA PLANTA FAENADORA Y ENTRE PESOS (kg) REALES POR CORTES Y PREDICHOS POR LOS MODELOS.**



En conclusión, es posible estimar *in vivo*, mediante el área de una elipse, el AOLT y el peso de los cortes de mayor valor comercial, en animales destinados a producir carnes *premium*.

## **5 CONCLUSIONES**

Luego de realizada la investigación podemos concluir que, es posible la construcción y validación de modelos matemáticos que nos permitan predecir algunos parámetros que determinan, rendimiento al despiece y calidad de carne en bovinos con variables medidas en el animal vivo, utilizando ultrasonido y tratamiento de imágenes.

El empleo de modelos matemáticos en base a ultrasonido permitiría que la industria aplique criterios objetivos de rendimiento en sus compras y oriente a los productores a través de precios diferenciales y con ello lograr optimizar la selección de animales de acuerdo al mercado.

## **6 BIBLIOGRAFIA**

**AASS L., GRESHAM J., KLEMETSDAL G.** 2006. Prediction of intramuscular fat by ultrasound in lean cattle. *Livest. Sci.* 101(1-3): 228-241.

**ABRAHAM H.C., MURPHY C., CROSS H.R., SMITH G.C., FRANKS J.R.** 1980. Factors affecting beef carcass cutability: An evaluation of the USDA yield grades for beef. *J. Anim. Sci.* 50(5): 841-851.

**ACUÑA S., VAN GELDEREN C., GOMÉZ F. Y MORALES J.** 1985. Fundamentos sobre clasificación y tipificación de carnes. En: Seminario Nacional Clasificación y Tipificación de Carnes. Santiago, Chile.

**AGUIRRE R., Y ESLAONA V.** 2018. Obtenido de [www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos?swpquery=como+rentabilizar+el+millon+de+vacas&mes=0&anio=2018](http://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos?swpquery=como+rentabilizar+el+millon+de+vacas&mes=0&anio=2018)

**ALBALA C., VIO F., KAIN J.** 1998. Obesidad: un desafío pendiente en Chile. *Revista Médica de Chile* 126: 1001-1009

**ALBALA C., GARCIA C., VILLALOBOS A., ESCOBAR MC., AGUILERA X., ARAUJO M., NOVOA G., SILVA J., ROJO MC., MARIN PP., KORNFIELD R., PARGA MI., ZAPATA H. Y MONCAYO R.** 2002. Perfil del adulto mayor en Chile: desarrollando respuestas integradas de sistemas de cuidado de salud para una población de rápido envejecimiento (intra)(Elderly profile in Chile; developing integrated responses of health system units for a population of rapid aging). Santiago: OPS/OMS;

- ALBRECHT E., TEUSCHER F., ENDER K., WEGNER J.** 2006. Growth-and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 1067-1075.
- AMESTI E.** 2000. Carne bovina, panorama mundial y situación en Chile. *Agroeconómico* 58, 16-21.
- ANRIQUE R.** 1993. Rol de las razas en la producción de carne bovina. *Agroeconómico* 14, 20-24.
- ARTIME C., VILLA A., CAÑÓN J., BARO J.** 2007. Uso del ultrasonido para la predicción del valor de la canal en terneros de raza asturiana de los valles. *Arch. Zootec.* 56(sup.1): 687-692.
- ATENCIO-VALLADARES O., HUERTA-LEIDENZ N., JEREZ-TIMAURE N.** 2008. Predicción del rendimiento en cortes de carnicería de bovinos venezolanos. *Rev. Científ. FCV-LUZ XVIII* (6): 704-714.
- ÁVILA J.** 2002. Diseño e implementación del programa de desarrollo de proveedores Carnes Ñuble S.A. Memoria de título, Facultad de Agronomía Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- BALZARINI M. G., GONZALEZ L., TABLADA M., CASANOVES F., DI RIENZO J. A., ROBLEDO C. W.** 2008 *Análisis de Regresión Lineal. Infostat. Manual del Usuario*, Córdoba, Argentina, Editorial Brujas. Pp 122-141.
- BARRALES, L., IVÁN P., PEDRO DE LA R. B.** 2004. Validación de Modelos: Un enfoque aplicado. *Agric. Téc. (Chile)* 64(1): 66-73.

- BEARDSWORTH A., BRYMAN A., KEIL T., GOODE J., HASLAM C., LANCASHIRE E.** 2002. Women, men and food: the significance of gender for nutritional attitudes and choices. *Br Food J.* 107(2):470 – 491.
- BECERRA L., KLEE G.** 1991. Sistemas de producción con novillos Holandeses para el valle regado. *INIA Quilamapu* 48, 17-21.
- BELLEND A O.** 2002. La ecografía aplicada a la reproducción en especies de interés productivo. [en línea]. *Ecografiavet.* Uruguay. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/11-ecografia\\_aplicada.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/11-ecografia_aplicada.pdf). [Consulta: 20 junio 2010].
- BERG y BUTTERFIEL,** 1979, *Nuevos Conceptos sobre el Desarrollo de Ganado Vacuno.* Ed. ACRIBIA.
- BLANCO M., HUBA J., HETENDI L., ORAVCOVA A.** 2008. Estimación in vivo de la composición de la canal en Bovinos utilizando mediciones Ultrasonográficas. *Universitas.* 1 (2): 58-63.
- BLUMER T. N.** 1963. Relationship of marbling to the palatability of beef. *J. Anim. Sci.* 22(3): 771-778.
- BRACKEBUSCH S. A., CARR T. R., MCKEINTH F. K., DUTTON D. M., MCLAREN D. G.** 1991. Relationship between marbling group and major muscle contribution to beef carcass. *J. Anim. Sci.* 69: 625-630.
- CAMPOS J., DOUSSOULIN M., WILLIAMS P., TIMA M., NOVOA R.** 2008. “Descripción de Parámetros que determinan la Calidad de Canales Bovinas para Producir Carnes de Marca PampaVerde®”. *Chilean J. of Agric. & Animal Ciencs.* 24 (1-2): 21 – 29.

- CAMPOS J., WILLIAMS P., DOUSSOULIN M., TIMA M., HADI J.** 2010. “Descripción del Comportamiento del peso vivo, peso de canal y rendimiento de Bovinos mediante Series de Tiempo”. Chilean J. of Agric. & Animal Ciencs. 26(1): 36 – 44.
- CAMPOS J., DE PEDRO SANZ E., WILLIAMS P., BASSO I., HERRERA O., ITURRIAGA D.** 2012. “Carne Chilena Potencialmente Exportable al Mercado Sur Coreano Proveniente de Novillos de la Zona Centro Sur de Chile”. Chilean J. of Agric. & Animal Ciencs. 28(1): 51 – 61.
- CARLEOS C., VILLA A., CAÑÓN J., BARO DE LA F. J.** 2007. Uso de ultrasonidos para la predicción del valor de la canal en terneros de raza asturiana de los valles. Arch. Zoot. 56 (Sup. 1): 687-692.
- CATRILEO A.** 2015. Decisiones de Manejo en Producción de Carne Bovina. Boletín N° 316. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación experimental Carillanca. Temuco, Chile.
- CAZZOLINO D.** 2002. Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis de alimentos para animales. Agrocienza 4(2): 25-32.
- CERTILAB CHILE E. I. R. L.** 2011. Organismo de certificación de productos según Nch2411.Of2003 en el área pecuaria. Certificación Norma ISO 9001:2008 Nch9001.Of2009 Servicio de inspección y certificación de calidad de productos agropecuarios para el consumo humano.
- CHOAT W. T., PATERSON J. A., RAINEY B. M., KING M. C., SMITH G. C., BELK K.E. Y LIPSEY R. J.** 2006. The effects of cattle sex on carcass characteristics and longissimus muscle palatability. J. Anim. Sci. 84, 1820-1826.

- CLARO M, DANIEL** (Jul/Ago-2001). Secano central, sistemas integrados Ganado-cultivo-pradera [en línea]. Tierra Adentro. N°39.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL).**  
2019. Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe, (LC/PUB.2019/20P), SANTIAGO.
- CONOVER W.J.** 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- COSGROVE M., FLYNN A., KIELY M.** 2005. Consumption of red meat, white meat and processed meat in Irish adults in relation to dietary quality. *Br J Nutr* 93: 933 – 942.
- COVACEVICH N., LIRA R., ATRAUCH O.** 2005. La producción bovina en Magallanes. En: A. Catrileo (editor). *Producción y manejo de carne bovina en Chile*. Pp. 463–484. Temuco, Chile: Imprenta Austral.
- CROUSE J. D. Y DIKEMAN M. E.** 1976. Determinants of retail product of carcass beef. *J. Anim. Sci.* 42(3): 584 – 591.
- CROUSE J. D., DIKEMAN M.E., KOCH R.M., MURPHY C.E.** 1975. Evaluation of traits in the U.S.D.A. yield grade equation for predicting beef carcass cutability in breed group differing in growth and fattening characteristic. *J. Anim. Sci.* 41(2): 548-553.
- CRUZ G. y A. LARA.** 1987. Evaluación del potencial de pastoreo del área de uso agropecuario de la XII Región. INIA-Kampenaiké-Intendencia de la XII Región. 24 p.

**DI RIENZO J. A., CASANOVES F., BALZARINI M. G., GONZALEZ L.,  
TABLADA M., ROBLEDO C. W.** 2013. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA,  
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

**DUNCAN, A. J.** (1974). *Quality Control and Industrial Statistics*. 4th Ed., Irwin,  
Homewoods, III.

**EASTMAN J. R.** 2012. Software Idrisi Selva (Worcester, MA: Clark University).

**FAGERLAND M. Y SANDVIK L.** 2009. The Wilcoxon-Mann-Whitney test under  
scrutiny. *Statist. Med.* 28: 1487 – 1497.

**FIDAN H.** 2005. The impacts of beef prices and VAT on chicken meat consumption: a  
partial equilibrium ap-proach. *Turk J Vet Anim Sci* 29: 1083 – 1091.

**FORREST J.C., ABERLE E., HEDRICK H., JUDGE M., MERKEL R.** 1979. Factores  
que afectan la calidad de la canal y de la carne bovina en la explotación  
ganadera In: *Fundamentos de ciencia de la carne*. 2da ed. Acribia. Zaragoza,  
España. Grasa de cobertura. 365pp.

**FREESE, F.** 1960. Testing Accuracy. *Forest Sci.* V (6): 139-145.

**FREIRE, E.** 2004. Fundamentos biofísicos del ultrasonido; sus posibilidades y  
limitaciones en la aplicación rutinaria en medicina veterinaria. [En línea]. *Revista  
brangus*. Argentina. [http://www.produccion-  
animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/49-eco.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/49-eco.pdf). [Consulta:  
25 julio 2010].

- GALLO, C. 1988.** Control y calidad en canales. Informativo sobre carne y productos cárneos. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, N°. 18:25- 31.
- GIRALDO C. 2003.** Principios básicos de ultrasonografía veterinaria. Rev. MVZ Córdoba 8(2): 303-309.
- GOIC L., ROJAS C. 2004.** Sistema de crianza, recría y engorda en la Zona Sur. pp: 107-120 En: C. Rojas (Ed.). Manual de producción de bovinos de carne para la VIII, IX y X regiones. INIA Carillanca / FIA. Temuco, Chile.
- GOIC L., IRAIRA S. 2005.** Recría - Engorda en pastoreo. pp: 275-293 En: A. Catrileo (Ed.). Producción y manejo de carne bovina en Chile. INIA. Temuco, Chile.
- GONZÁLEZ F., MARTINEZ R., BRAVO C. 1991.** Relaciones de peso en canales bovinas cuarteadas a nivel del 9º espacio intercostal. Agro-Ciencia 7, 143-147.
- GONZÁLEZ P. 2006.** Caracterización de bovinos provenientes del Programa de Desarrollo de Proveedores Carnes Ñuble S.A. y la construcción de modelos matemáticos predictivos. Memoria de título, Ing. Agrón. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.
- GONZÁLEZ F., R. MARTINEZ, C. BRAVO. 1991.** Relaciones de peso en canales bovinas cuarteadas a nivel del 9º espacio intercostal. Agro-Ciencia 7, 143-147.
- GONZALEZ V., Y TAPIA M. (Ed.) 2017.** “Manual Bovino de Carne”. Boletín INIA N° 4, 174 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán. Chile.
- GUITOU H. R., MONTI A., SUTZ G., BALUK I. 2007.** Interpretación y uso correcto de las diferencias esperadas entre progenie (DEP' s) como herramienta de

selección para la calidad de carne. Segunda parte. Rev. Colomb. Cien. Pec. 20(3): 363-376.

**HAMLIN K. E., GREEN R. D., PERKINS T. L., CUNDIFF L.V., MILLER M.F.** 1995. Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area: I. Description of age and weight effects. J. Anim. Sci. 73(6): 1713-1724.

**HARVEY J., ERDOS G., CHALINOR S.** 2001. The relationship between attitudes, demographic factors and perceived consumption of meats and other proteins in relation to the BSE crisis: a regional study in the United Kingdom. Health, Risk Soc. 3: 181 – 197.

**HASSEN A., WILSON D. E., ROUSE G. H.** 1999. Evaluation of carcass, live, and real-time ultrasound measures in feedlot cattle: I. Assessment of sex and breed effects. J. Anim. Sci. 77: 273 – 282.

**HEPP C.** 2006. Degradación de ecosistemas de la Patagonia húmeda y posibilidades de recuperación de las praderas naturalizadas. En Degradación de ecosistemas pastoriles en la Patagonia (ed. Hepp, C.). Acta Grupo de estudio de pastizales patagónicos FAO. 4 – 6 abril 2006. Coyhaique, Chile: 1 – 10.

**HEPP C.** 2014. Caracterización agroclimática de la Región de Aysen. En: Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental. Hepp y Stolpe (editores). INIA: 77 – 102.

**HOQUE M. A., OIKAWA T.** 2004. Comparison and relation among different estimates of residual feed intake for Japanese Black (Wagyu) Bulls. Anim Sci J. 75: 201–205.

- HUERTA N.** 2002. La experiencia Venezolana en la implantación de sistemas de clasificación de ganado y canales bovinas. En: XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. ULA-Trujillo, Octubre 22-26, Venezuela. Pp 1-20.
- INE-CHILE.** 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal.
- INE-CHILE.** 2017. Encuestas intercensales agropecuarias.
- INN-CHILE.** 1994. Ganado bovino - terminología y clasificación. NCh 1423: of. 94. Santiago, Chile.
- INN-CHILE.** 1999. Cortes menores o básicos de la carne de bovino. NCh 1596: of. 1999. Santiago, Chile.
- INN-CHILE.** 2002. Canales de bovinos - definiciones y tipificación. NCh 1306: of. 15. Santiago, Chile.
- JAPAN MEAT GRADING ASSOCIATION (JMGA).** 1988. New Beef Grading Standards. JMGA, Tokyo. 9 - 10.
- KAHI A. K., HIROOKA H.** 2005. Genetic and evaluation of Japanese Black (Wagyu) cattle breeding schemes. J. Anim. Sci. 83: 2021 – 2032.
- KEMP D. J., HERRING W. O., KAISER C. J.** 2002. Genetic & Environmental parameters for steer ultrasound and carcass traits. J. Anim. Sci. 80:1489–1496.
- KLEE G.** 2006. Los secanos de la precordillera andina de Bío-Bío pueden producir buenos cortes Hilton. Esp. Agríc. 2: 4-5.

- KUBBEROD E., UELAND O., RODBOTTEN M. Y WESTAD F. Y RISVIK E.** 2002. Gender specific preferences and attitudes toward meat. *Food Qual Prefer* 13: 285-294.
- KRUSKAL W. H., WALLIS W. A.** 1952. Use of ranks on one-criterion variance analysis. *J. Amer Statist Asso.* 47: 583-621.
- LEVENE H.** 1960. Robust Test for Equality of Variance. In *Contributions to Probability and Statistics*. Z. Olkin, Ed. Stanford University Press, Palo Alto, CA. Pp. 278-292.
- LÓPEZ M. Y RUBIO M.** 1998. Tecnologías para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. *Vet. Méx.* 29(3): 279-289.
- LUENGO, J. Y E. CONCHA.** 1995. Efecto de la variable conformación sobre el rendimiento comercial en canales bovinas clasificadas y tipificadas según las normas chilenas Nch 1306. Of. 86 y 1423. Of. 87. *Avances en Ciencias Veterinarias* 10 (2): 124-133.
- LUENGO, J. Y MORALES M.** 1999. Índice de carnosidad bruta (ICB) de canales bovinas por razas, según clases y categorías de acuerdo a la actual normativa chilena de tipificación de carnes. *Av. Cienc. Vet.* 14; 5 – 12.
- MACNEILL M.D.** 1983. Choice of a prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. *J. Anim. Sci.* 57(5): 1328-1337.
- MADORRÁN F., REQUENA J., Y TRUFFER R.** 2002. Ecografía bovina [en línea]. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. <[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/33-ecografia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/33-ecografia.pdf)>. [Consulta: 12 marzo 2008].

- MAGOFKE J.** 1992. Caracterización de algunas razas bovinas de carne. *Arch Prod Anim.* 17, 3-22.
- MAHIBBUR R.M., GOVINDARAJULU Z. A.** 1997. modification of the test of Shapiro and Wilks for normality. *J. Appl. Stat.* 24(2):219-235.
- MENDOZA V, Carolina; PINHEIRO F, Anna Christina y AMIGO C, Hugo.** 2007. EVOLUCION DE LA SITUACIÓN ALIMENTARIA EN CHILE. *Rev. chil. nutr.* [online], vol.34, n.1 [citado 2020-02-17], pp.62-70. Disponible en: <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182007000100007&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0717-7518. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100007>.
- MOORE C. B., BASS P. D., GREEN M. D., CHAPMAN P. L., O'CONNOR M. E., YATES L. D., SCANGA J. A., TATUM J. D., SMITH G. C., BELK K. E.** 2010. Establishing an appropriate mode of comparison for measuring the performance of marbling score output from video imagen analysis beef carcass grading systems. *J. Anim. Sci.* 88: 2464-2475.
- MOODY W. B. Y CASSENS R. G. A** 1968. quantitative and morphological study of bovine longissimus fat cells. *J. Food Sci.* 33:47-55.
- MORRISON JA., BALCOMBE K., BAILEY A., KLONARIS S., RAPSOMANIKIS G.** 2003. Expenditure on different categories of meat in Greece: the influence of chaging tastes. *Agric. Econ.* 28: 139 – 150.
- NAKHASHI Y., MARUYAMA S., EKI S., HIDAKA S., KUCHIDA K.** 2008. Relationships between monounsaturated fatty acids of marbling flecks and image analysis traits in longissimus muscle for Japanese Black steers. *J. Anim. Sci.* 86: 3551-3556.

- NAVARRO J.** 2001. Producción de carnes de calidad certificada. *Agroeconómico* 64, 42-45.
- NELDER J.A.** 1994. The Statistics of Linear Models: Back to Basics. *Statist. and Comput.* 4:243-256.
- OCDE/FAO** 2014, OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2014, OECD Publishing. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2014-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es)
- ODEPA-CHILE.** 2006. Agricultura y mercados. Ganado y carnes. Revisión del mercado de carne bovina. (en línea). ODEPA. [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)
- ODEPA-CHILE.** 2007. Agricultura y mercados. Ganado y carnes. Temporada de carne bovina. (en línea). ODEPA. [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)
- ODEPA-CHILE.** 2018. Estudio para la caracterización de animales y de los canales de comercialización de la carne bovina en los países del MERCOSUR. (en línea). ODEPA. [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)
- PATON D. J., SINCLAIR M., RODRIGUEZ R.** 2011. Evaluación cualitativa del riesgo de propagación de la fiebre aftosa asociado al comercio internacional de carne de bovino deshuesada. Vol. 11. Publicaciones FAO/OIE.
- PERKINS T.L., GREEN R.D., HAMLIN K.E.** 1992. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 70(4): 1002-1010.
- PIGGOT N., CHALFANT J., ALSTON J., GRIFFITH G.** 1996. Demand response to advertising in the Australian meat industry. *Am J Agric Econ* 71, 253-261.

- PIZARRO B.** 1997. Relaciones entre el tipo racial, edad, peso de la canal, cobertura de grasa, clasificación y tipificación de canales bovinas, en una planta faenadora de carnes de Chillán, VIII Región. Tesis Médico Veterinario. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Vet., Chillán, Chile.
- POLÁK P., SAKOWSKI T., BLANCO R. E. N., HUBA J., KRUPA E., TOMKA J., PEŠKOVIČOVA D., ORAVCOVA M., STRAPAK P.** 2007. Use of computer image analysis for in vivo estimates of the carcass quality of bulls. Czech J. Anim. Sci. 52(12): 430-436.
- PORTE E.** 1994a. Proceso de engorda. En: Producción de carne bovina. 4a. Ed.. Universitaria. Santiago, Chile. Pp 200-204.
- PORTE E.** 1994b. Clasificación de ganado en pie y tipificación de canales. En: Producción de carne bovina. 4a. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. Pp 281-289.
- PORTE E.** 1994c. Rendimientos y cortes de carne. En: Producción de carne bovina. (4a. Ed.). Universitaria. Santiago, Chile. Pp 299-311.
- PORTE E., Y GODOY. M.** 1994. Evaluación de la canal. En: E. Porte (Ed.). Producción de carne bovina. 4a. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. Pp: 290-299.
- QUAGRAINIE K., UNTERSCHULTZ J., VEEMAN M.** 1998. Effects of product origin and selected demographics on consumer choice of red meats. Ca.n. J. Agric. Econ. 46: 201 – 219.
- RAMÍREZ R.** 1994. Crecimiento y desarrollo. En: E. Porte (Ed.). Producción de carne bovina. 4a. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. Pp 186-199.

- RESURRECCIÓN AVA.** 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meats products. *Meat Sci* 66: 11 – 20.
- REVERTER A., JOHNSTON D. J., GRASER H. U., WOLCOTT M. L., UPTON W. H.** 2000. Genetic analyses of live animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1786-1795.
- RICKERTSEN K.** 1996. Structural change and demand for meat and fish in Norway. *Eur Rev Agric Econ* 23, 316-330.
- RIVAS T.** 2007. Temporada de carne bovina. *Tempor. Agric.* (28): 43-58.
- ROJAS C. Y CATRILEO A.** 2005. Engorda a corral en la Zona Sur. pp: 295-320 En: A. Catrileo (Ed.). *Producción y manejo de carne bovina en Chile.* INIA. Temuco, Chile.
- SAÑUDO C.** 2008. Qualidade da carcaça e da carne ovina e caprina em face ao desenvolvimento da percepção do consumidor. *Rev. Bras. Zoot* 37 (Suplemento Especial): 143-160.
- SARAVIA A.** 1996. La importancia de las cadenas agroalimentarias. En: Durán H, Albicette MM, Gómez R (eds) 1er Seminario sobre La importancia de la integración en la cadena cárnica. Plan agropecuario. Montevideo, Uruguay, Pp 17-29.
- SCHIFFMAN L. Y KANUK L.** 1997. Comportamiento del consumidor. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, Mexico D.F.

- SCHINDLER V., PRUZZO L., OLIVERA M. L., GRIGERA J. J., NÁO N.** 2004. Predicción de Rendimiento de Cortes Minorista de Reses bovinas en Argentina. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 12(2): 105-111
- SCHNETTLER B., MANQUILEF O., MIRANDA H.** 2004. Atributos valorados en la selección de carne bovina por el consumidor de supermercados de Temuco, IX región de Chile. Cien. Investig. Agrar. 31(2): 91-100.
- SCHNETTLER B., MANQUILEF O., MIRANDA H.** 2006. Hábitos de consumo de carne bovina en Temuco, IX Región de Chile. IDESIA 24, 15-23.
- SCHNETTLER B., SILVA R., SEPÚLVEDA N.** 2008. Consumo de carne en el sur de Chile y su relación con las características sociodemográficas de los consumidores. Rev. Chil. Nutr. 35(1): 262-270.
- SUGIMOTO M., KUZUOKA S., YAYOTA C., SATO Y.** 2004. The effects of grazing and supplemental protein concentrations during the grazing period on subsequent finishing performance and carcass quality in Japanese Black cattle steers. Anim Sci J. 75: 29–35.
- STEEL R., TORRIE J.** 1995. Bioestadística, principios y procedimientos. 2a ed. Editorial Latinoamericana, México D.F., México.
- TATUM D.** 2007. Beef Grading. Department of Animal Science, Colorado State University Ft. Collins, Colorado. National Cattlemen's Beef Association.
- TEIRA G., PERLO F., BONATO P., TISOCCO O.** 2006. Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. Cien. Doc Tecnol. 17(33): 173-193.

- THOMPSON J. M.** 2004.. The effects of marbling on flavor and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. *Aust. J. Exp. Agr.* 44: 645-652.
- TORRES A.** 2002. Predicción de la composición de la carcasa en ganado de carne usando el ultrasonido. Universidad Nacional de Río Cuarto. En Línea: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/30-prediccion\\_carcasa.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/30-prediccion_carcasa.pdf). 10/04/2009.
- TOSHIHIRO N., KATAOKA Y., HOSHI K., MAEDA I., SAITO K.** 2014. Estimation of beef marbling in the Longissimus muscle with computer image analysis ultrasonic 2007
- TRONCOSO J.** 1982. Calificación objetiva de canales de hembras (vacas y vaquillas) de Doble propósito Overo Europeo (ONE) y Overo Colorado Alemán (OCA) I Parte: Índice de carnosidad bruta. Memoria de título, Fac. Ciencias Agr. Pecuarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- USDA. ECONOMIC RESEARCH SERVICE.** 2002. Changing consumer demands create opportunities for U.S. food system. *Food Reviews* 25, 19-22.
- VARGAS G., FOSTER W., RADDATZ M.** 2004. Divergencia en la organización de la industria cárnica: un análisis comparativo de Estados Unidos y Chile. *Cien. Inv. Agrar. Cien.* 31(2): 75-90.
- VARELA A.** 2002. Estudio de las variables que afectan la producción del tipo Cebon. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- VELASCO H. Y KLEE G.** 2004. Producción práctica de carne bovina. Evaluación económica de los sistemas de producción de carne bovina, ciclos vaca-ternero y

recreía-engorda. Boletín INIA N°117. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile.

**VELIS, H.** 2008. Producción Pecuaria Informe Anual 2002-2008. Instituto Nacional de Estadística INE. Santiago, Chile.

**VERBEKE W., WARD R., VIAENE J.** 2002. Probit Analysis of fresh meat consumption in Belgium: exploring BSE and television communication impact. *Agribusiness* 16(2): 215 - 234.

**VIDAL, R.** 1999. Características de interés comercial en canales de bovinos de las distintas categorías de tipificación según las normas Chilenas de clasificación y tipificación. Tesis Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Vet., Valdivia. Chile.

**VIESELMAYER B. A., RASBY R. J., GWARTNEY B. L., CALKINS C. R., STOCK R. A., GOSEY J. A.** 1996. Use of expected progeny differences for marbling in beef: I. Production traits. *J. Anim. Sci.* 74: 1009-1013.

**WEBSTER A.** 2000. Regresión Lineal Múltiple. In: *Estadística Aplicada a los Negocios y la Economía*. 3era Ed. Ed Irwin Mc Graw-hill Santa fe de Bogotá, Colombia. 374-409.

**WERTZ A. E., BERGER L. L., WALKER P. M., FAULKNER D. B., MCKEITH F. K., RODRIGUEZ-ZAS S. L.** 2002. Early-weaning and the post-weaning nutritional management affect feedlot performance, carcass merit, and the relationship of 12th-rib fat, marbling score, and feed efficiency among Angus and Wagyu heifers. *J. Anim. Sci.* 80: 28 – 37

**WILCOXON F.** 1945. Individual Comparison by Ranking Methods. *Biometrics* 1: 80-83.

- WILSON D. E., ROUSE G. H., GRASER G. H., AMIN V.** 1998. Prediction of Carcass Traits Using Live Animal Ultrasound. Animal Science Research Reports. Beef Research Report, Paper 2. On line: [https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=beefreports\\_1998](https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=beefreports_1998).
- YANG X. J., ALBRECH E., ENDER K., ZHAO R., WEGNER Y.** 2006. Computer image analysis of intramuscular adipocytes and marbling in the longissimus muscle of cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 3251 – 3258.
- YEN S., Y HUANG CH.** 2002. Cross-sectional estimation of U. S. demand for beef products: a censored system approach. *J Agric. Res. Econ.* 27(2): 320 – 334.
- YOKOO M. J., ALBUQUERQUE L.G., LÔBO R.B., BEZERRA L. A. F., ARAUJO F. R. C., SILVA J. A. V., SAINZ R. D.** 2008. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. *Livest. Sci.* 117(2-3): 147-154.